

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-033330

(43)Date of publication of application : 31.01.2002

(51)Int.Cl. H01L 21/336
H01L 21/20
H01L 29/786

(21)Application number : 2001-135737 (71)Applicant : SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD

(22)Date of filing : 07.05.2001 (72)Inventor : KASAHARA KENJI
KAWASAKI RITSUKO
OTANI HISASHI

(30)Priority

Priority number : 2000139844 Priority date : 12.05.2000 Priority country : JP

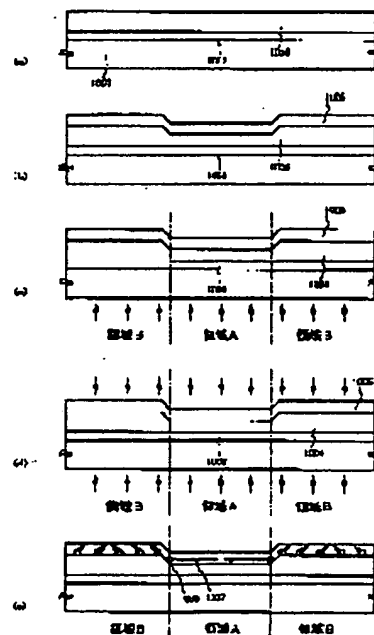
(54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a TFT, capable of a high-speed operation by manufacturing a crystalline semiconductor film, for which the position and size of a crystal grain are controlled and using the crystalline semiconductor film in the channel-forming region of the TFT.

SOLUTION: Among plural base insulation films of different refractive indexes, the base insulation film of at least one layer is provided with a step and the level difference of the film thickness is made.

By emitting a laser beam from the back surface side of the substrate (or both of the front surface side and back surface side of the substrate), the



effective intensity distribution of the laser beam to the semiconductor film is formed, and a temperature gradient corresponding to the step shape and film thickness distribution of the base insulation film is generated on the semiconductor film. By utilizing them, the generation place and direction of lateral growth are controlled, and the crystal grain of a large grain diameter is obtained.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision
of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-33330

(P2002-33330A)

(43) 公開日 平成14年1月31日(2002.1.31)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	チマコード(参考)
H 0 1 L 21/336		H 0 1 L 21/20	5 F 0 5 2
21/20		29/78	6 2 7 G 5 F 1 1 0
29/786			6 2 6 C

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2001-135737(P2001-135737)	(71) 出願人	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷395番地
(22) 出願日	平成13年5月7日(2001.5.7)	(72) 発明者	笠原 健司 神奈川県厚木市長谷395番地 株式会社半 導体エネルギー研究所内
(31) 優先権主張番号	特願2000-139844(P2000-139844)	(72) 発明者	河崎 隼子 神奈川県厚木市長谷395番地 株式会社半 導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成12年5月12日(2000.5.12)	(72) 発明者	大谷 久 神奈川県厚木市長谷395番地 株式会社半 導体エネルギー研究所内
(33) 優先権主張国	日本(J P)		

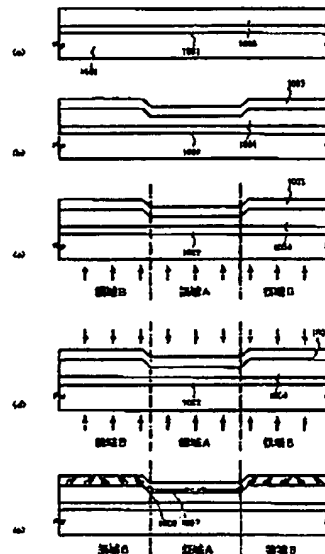
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 結晶粒の位置と大きさを制御した結晶質半導体膜を作製し、さらにその結晶質半導体膜をTFTのチャネル形成領域に用いることにより、高速動作の可能なTFTを実現させることを目的とする。

【解決手段】 屈折率の異なる複数の下地絶縁膜のうち、少なくとも一層の下地絶縁膜に段差を設けて膜厚に段階をつける。基板の裏面側(または、基板の表面側及び裏面側の両側)からレーザビームを照射することによって、半導体膜に対するレーザビームの実効的な強度分布を形成し、下地絶縁膜の段差形状および膜厚分布に対応した温度勾配を前記半導体膜に発生させる。これらを利用して、ラテラル成長の発生場所と方向を制御し、大粒径の結晶粒を得ることができる。



特開2002-33330

2

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 透光性を有する基板上に前記基板とは屈折率の異なる第1の下地絶縁膜を形成する工程と、前記第1の下地絶縁膜上に前記第1の下地絶縁膜とは屈折率の異なる第2の下地絶縁膜を形成する工程と、前記第2の下地絶縁膜を部分的にエッチングして複数の凹部を形成する工程と、前記複数の凹部が形成された前記第2の下地絶縁膜上に非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜にレーザビームを前記基板の裏面側または前記基板の表面側と裏面側の両側から照射して結晶質半導体膜を形成する工程と、前記凹部に形成された前記結晶質半導体膜をチャンネル形成領域としてTFTを形成する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】 透光性を有する基板上に前記基板とは屈折率の異なる第1の下地絶縁膜を形成する工程と、前記第1の下地絶縁膜上に前記第1の下地絶縁膜とは屈折率の異なる第2の下地絶縁膜を形成する工程と、前記第2の下地絶縁膜を部分的にエッチングして複数の凸部を形成する工程と、前記複数の凸部が形成された前記第2の下地絶縁膜上に非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜にレーザビームを前記基板の裏面側または前記基板の表面側と裏面側の両側から照射して結晶質半導体膜を形成する工程と、前記凸部に形成された前記結晶質半導体膜をチャンネル形成領域としてTFTを形成する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】 透光性を有する基板上に前記基板とは屈折率の異なる第1の下地絶縁膜を形成する工程と、前記第1の下地絶縁膜を部分的にエッチングして複数の凹部を形成する工程と、前記複数の凹部が形成された前記第1の下地絶縁膜上に前記第1の下地絶縁膜とは屈折率の異なる第2の下地絶縁膜を形成する工程と、前記第2の下地絶縁膜上に非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜にレーザビームを前記基板の裏面側または前記基板の表面側と裏面側の両側から照射して結晶質半導体膜を形成する工程と、前記凹部に形成された前記結晶質半導体膜をチャンネル形成領域としてTFTを形成する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】 透光性を有する基板上に前記基板とは屈折率の異なる第1の下地絶縁膜を形成する工程と、前記第1の下地絶縁膜を部分的にエッチングして複数の凸部を形成する工程と、前記複数の凸部が形成された前記第1の下地絶縁膜上に前記第1の下地絶縁膜とは屈折率の異なる第2の下地絶縁膜を形成する工程と、前記第2の下地絶縁膜上に非晶質半導体膜を形成する工程と、前記非晶質半導体膜にレーザビームを前記基板の裏面側または前記基板の表面側と裏面側の両側から照射して結晶質半導体膜を形成する工程と、前記凸部に形成された前記結晶質半導体膜をチャンネル形成領域としてTFTを形成する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

(2)

記結晶質半導体膜をチャンネル形成領域としてTFTを形成する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか一項において、前記半導体装置は、液晶表示装置またはEL表示装置であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項6】 請求項1乃至4のいずれか一項において、前記半導体装置は、携帯電話、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター、ゴーグル型ディスプレイ、パーソナルコンピュータ、DVDプレーヤー、電子書籍、または携帯型情報端末であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項7】 透光性を有する基板上に前記基板とは屈折率の異なる第1の下地絶縁膜を形成させ、前記第1の下地絶縁膜上に前記第1の下地絶縁膜とは屈折率が異なり、かつ複数の凹部を有する第2の下地絶縁膜を形成させ、前記第2の下地絶縁膜上に非晶質半導体膜を形成させ、前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶質半導体膜を形成させ、前記凹部に形成された前記結晶質半導体膜をTFTのチャンネル形成領域としたことを特徴とする半導体装置。

【請求項8】 透光性を有する基板上に前記基板とは屈折率の異なる第1の下地絶縁膜を形成させ、前記第1の下地絶縁膜上に前記第1の下地絶縁膜とは屈折率が異なり、かつ複数の凸部を有する第2の下地絶縁膜を形成させ、前記第2の下地絶縁膜上に非晶質半導体膜を形成させ、前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶質半導体膜を形成させ、前記凸部に形成された前記結晶質半導体膜をTFTのチャンネル形成領域としたことを特徴とする半導体装置。

【請求項9】 透光性を有する基板上に前記基板とは屈折率が異なり、かつ複数の凹部を有する第1の下地絶縁膜を形成させ、前記第1の下地絶縁膜上に前記第1の下地絶縁膜とは屈折率が異なる第2の下地絶縁膜を形成させ、前記第2の下地絶縁膜上に非晶質半導体膜を形成させ、前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶質半導体膜を形成させ、前記凹部に形成された前記結晶質半導体膜をTFTのチャンネル形成領域としたことを特徴とする半導体装置。

【請求項10】 透光性を有する基板上に前記基板とは屈折率が異なり、かつ複数の凸部を有する第1の下地絶縁膜を形成させ、前記第1の下地絶縁膜上に前記第1の下地絶縁膜とは屈折率が異なる第2の下地絶縁膜を形成させ、前記第2の下地絶縁膜上に非晶質半導体膜を形成させ、前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶質半導体膜を形成させ、前記凸部に形成された前記結晶質半導体膜をTFTのチャンネル形成領域としたことを特徴とする半導体装置。

【請求項11】 請求項7乃至10のいずれか一項において、前記半導体装置は、液晶表示装置またはEL表示

(3)

特開2002-33330

装置であることを特徴とする半導体装置。

【請求項12】 請求項7乃至10のいずれか一項に於いて、前記半導体装置は、携帯電話、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター、ゴーグル型ディスプレイ、パーソナルコンピュータ、DVDプレーヤー、電子音器、または携帯型情報端末であることを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は薄膜トランジスタ（以下、TFTと云う）で構成された回路を有する半導体装置の作製方法に関する。例えば、液晶表示装置に代表される電気光学装置、及び電気光学装置を部品として搭載した電気機器の構成に関する。また、前記装置の作製方法に関する。なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能し得る装置全般を指し、上記電気光学装置及び電気機器もその範疇にあるとする。

【0002】

【従来の技術】 近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された非晶質半導体膜に対し、レーザアニールを施して、結晶化させたり、結晶性を向上させる技術が広く研究されている。上記非晶質半導体膜には珪素がよく用いられる。

【0003】 ガラス基板は、従来よく使用されてきた合成石英ガラス基板と比較し、安価で加工性に富んでおり、大面積基板を容易に作製できる利点を持っている。これが上記研究の行われる理由である。また、結晶化に好んでレーザが使用されるのは、ガラス基板の融点が高いからである。レーザは基板の温度を余り上昇させずに、非晶質半導体膜のみ高いエネルギーを与えることが出来る。

【0004】 結晶質半導体は多くの結晶粒から出来ているため、多結晶半導体膜とも呼ばれる。レーザアニールを施して形成された結晶質半導体膜は、高い移動度を有するため、この結晶質半導体膜を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を形成し、例えば、1枚のガラス基板上に、画素部用と駆動回路用のTFTを作製する、モノリシック型の液晶電気光学装置等に盛んに利用されている。

【0005】 また、出力の大きい、エキシマレーザ等のパルスレーザビームを、被照射面において、数cm角の四角いスポットや、長さ10cm以上の線状となるように光学系にて加工し、レーザビームを走査させて（あるいはレーザビームの照射位置を被照射面に対し相対的に移動させて）、レーザアニールを行う方法が生産性が高く工業的に優れているため、好んで使用されている。

【0006】 特に、線状ビームを用いると、前後左右の走査に必要なスポット状のレーザビームを用いた場合とは異なり、線状ビームの長尺方向に直角な方向だけの走

査で被照射面全体にレーザ照射を行なうことが出来るため、生産性が高い。長尺方向に直角な方向に走査するのは、それが最も効率の良い走査方向であるからである。この高い生産性により、現在レーザアニール法にはパルス共振エキシマレーザビームを適当な光学系で加工した線状ビームを使用することが、TFTを用いる液晶表示装置の製造技術の主流になりつつある。その技術は1枚のガラス基板上に画素部を形成するTFT（画素TFT）と、画素部の周辺に設けられる駆動回路のTFTを形成したモノリシック型の液晶表示装置を可能とした。

【0007】 しかし、レーザアニール法で作製される結晶質半導体膜は複数の結晶粒が集合して形成され、その結晶粒の位置と大きさはランダムなものであった。ガラス基板上に作製されるTFTは電子分離のために、前記結晶質半導体を島状のパターニングにより分離して形成している。その場合において、結晶粒の位置や大きさを指定して形成する事はできなかった。結晶粒内と比較して、結晶粒の界面（結晶粒界）は非晶質構造や結晶欠陥などに起因する再結合中心や捕獲中心が無数に存在している。この捕獲中心にキャリアがトラップされると、結晶粒界のポテンシャルが上昇し、キャリアに対して障壁となるため、キャリアの電流輸送特性を低下することが知られている。チャネル形成領域の半導体膜の結晶性は、TFTの電気的特性に重大な影響を及ぼすが、結晶粒界の影響を排除して単結晶の半導体膜で前記チャネル形成領域を形成することはほとんど不可能であった。

【0008】 このような問題を解決するために、レーザアニール法において、位置制御され、しかも大粒径の結晶粒を形成する様々な試みがなされている。ここではまず、半導体膜にレーザビームを照射した後の前記半導体膜の固相過程について説明する。

【0009】 レーザビームの照射によって完全溶融した液体半導体膜中に固相核生成が発生するまでにはある程度の時間が掛かり、完全溶融領域において無数の均一（あるいは不均一）核生成が発生し、結晶成長することによって、前記液体半導体膜の固相過程は終了する。この場合に得られる結晶粒の位置と大きさはランダムなものとなる。

【0010】 また、レーザビームの照射によって前記半導体膜が完全溶融することなく、固相半導体領域が部分的に残存している場合には、レーザビームの照射後、直ちに前記固相半導体領域から結晶成長が始まる。既に述べたように、完全溶融領域において核生成が発生するにはある程度時間が掛かる。そのため、完全溶融領域において核生成が発生するまでの間に、前記半導体膜の膜面に対する平行方向（以下、ラテラル方向と呼ぶ）に結晶成長の先端である固液界面（固相半導体領域と完全溶融領域との界面を指し、ここでは結晶核の成長の先端に相当する。）が移動することで、結晶粒は膜厚の数倍もの長さに成長する。このような成長は、完全溶融領域に

(4) 特開2002-33330

5

において無数の均一（あるいは不均一）核生成が発生し、結晶成長することによって終了する。以下、この現象をスーパーラテラル成長と言う。

【0011】非晶質半導体膜や結晶質半導体膜においても、前記スーパーラテラル成長が実現するレーザービームのエネルギー領域は存在する。しかし、前記エネルギー領域は非常に狭く、また、大粒径の結晶粒の得られる位置については制御できなかった。さらに、大粒径の結晶粒以外の領域は無数の核生成が発生した微結晶領域、もしくは非晶質領域であった。

【0012】以上に説明したように、半導体膜が完全熔融するレーザービームのエネルギー領域でラテラル方向の温度勾配を制御する（ラテラル方向への熱流を生じさせる）ことが出来れば、結晶粒の成長位置および成長方向を制御することが出来る。この方法を実現するために様々な試みがなされている。

【0013】例えば、「R.Ishihara and A.Burtsev: AM-LCD '98, p153-p156, 1998」では、基板と下地の酸化珪素膜との間に高融点金属膜を形成し、前記高融点金属膜の上方に非晶質珪素膜を形成し、エキシマレーザのレーザービームを基板の表面側（本明細書中では膜が形成されている面と定義する）と裏面側（本明細書中では膜が形成されている面と反対側の面と定義する）の両側から照射するレーザアニール法についての報告がある。基板の表面側から照射されるレーザービームは、珪素膜に吸収されて熱に変わる。一方、基板の裏面側から照射されるレーザービームは前記高融点金属膜に吸収されて熱に変わり、前記高融点金属膜を高温で加熱する。加熱された前記高融点金属膜と珪素膜の間の前記酸化珪素膜が、熱の蓄積層として働くため、熔融している珪素膜の冷却速度を遅くする事ができる。ここでは、高融点金属膜を任意の場所に形成することにより、任意の場所に最大で直径6.4μmの結晶粒を得ることができると報告されている。

【0014】また、コロムビア大のJames S. Im氏ら *

	屈折率n	減衰定数k	吸収係数α(cm ⁻¹)
結晶質珪素膜	4.00	3.91	1.59×10 ⁶
非晶質珪素膜	3.58	3.36	1.88×10 ⁶
酸化珪素膜(A-type)	1.48	0.00	0.00
酸化珪素膜(B-type)	1.86	0.01	2.45×10 ³
酸化珪素膜	2.14	0.01	2.45×10 ³
コニグ社製1737基板	1.67	0.00	8.98
合成石英ガラス	1.50	0.00	0.00

【0018】図1(B)のような結果が得られるのは、下地絶縁膜が熱容量として働くことで温度勾配が発生するからである。図1(A)のB領域は、熱の逃げる場所として、①直下の下地絶縁膜との横方向に存在する下地絶縁膜の両方があるため、他の場所と比較して早く冷却する。逆にC領域は、B領域からC領域直下の下地絶縁膜に逃げてくる熱があるため、温度が下がりにくくな

6

*は、任意の場所にスーパーラテラル成長を実現させることの出来るSequential Lateral Solidification method（以下、SLS法と言う。）を示した。SLS法は、1ショット毎にスリット状のマスクをスーパーラテラル成長が行なわれる距離程度（約0.75μm）ずらして、結晶化を行なうものである。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明者らは特願平1-351060号に、下地に段差を設けて、結晶粒の大粒径化を行なう方法について述べている。ここで前記方法について説明する。

【0016】図1(A)に下地絶縁膜に段差を設けた場合の第1のサンプルを示す。前記第1のサンプルは合成石英ガラス基板上に酸化珪素膜(A-type)を形成し、前記酸化珪素膜(A-type)上に膜厚55nmの非晶質珪素膜を形成している。下地絶縁膜である酸化珪素膜(A-type)には段差を設けて、膜厚が薄い部分と厚い部分を持つ。ここで、本明細書中では酸化珪素膜(A-type)は組成比がSi=32%、O=59%、N=7%、H=2%である酸化珪素膜であり、酸化珪素膜(B-type)は組成比がSi=32%、O=27%、N=24%、H=17%である酸化珪素膜であるとする。このような第1のサンプルに対し、基板の表面側からレーザービームを照射して、非晶質珪素膜を結晶化する場合の熱伝導解析シミュレーションを行なった。その結果を図1

(B)に示す。但し、計算を行なう際に用いた条件として、レーザービームの波長を308nm、照射エネルギーを400mJ/cm²、パルス幅（レーザービームの出力時間）を30nsとし、真空中でレーザービームを照射するものとした。その他、計算の際に用いたパラメータについては表1に示す。

【0017】

【表1】

ている。したがって、B領域とC領域、または、B領域とA領域とでは温度勾配が生じる。温度勾配が生じることによって、温度の低いB領域から結晶成長が始まり、温度の高いC領域またはA領域へと固液界面が移動するので、大粒径の結晶粒を得ることができる。

【0019】つまり、従来のガラス基板上に作製されたTFTで使われている構造、すなわちガラス基板上に下

(5)

特開2002-33330

7

絶縁膜を形成し、前記下地絶縁膜上に半導体膜を形成する構造と同じ構造であるが、特開平11-351060号では下地絶縁膜に対して所望の位置にエッチングを行なって段差を設けている。このようなサンプルに対し、基板の表面側からレーザービームを照射すると、前記下地絶縁膜の段差の形状に対応して半導体膜内部に温度分布が発生し、ラテラル成長の発生場所、方向を制御することができる。

【0020】R. Ishihara氏らの方法により形成された半導体膜を活性層としてトップゲート型のTFTを作製することは構造的には可能である。しかしながら、半導体膜と高融点金属膜との間に設けられた酸化珪素膜により寄生容量が発生するので、消費電力が増加し、TFTの高速動作を実現することは困難となる。一方、高融点金属膜をゲート電極とすることにより、ボトムゲート型または逆スタガ型のTFTに対しては有効に適用でき得ると思われる。しかし、基板上に酸化珪素膜を形成し、前記酸化珪素膜上に高融点金属膜を形成し、前記高融点金属膜上に非晶質珪素膜を形成する構造において、非晶質珪素膜の膜厚を除いて考えたとしても、高融点金属膜と酸化珪素膜の膜厚は、結晶化工程において適した膜厚と、TFT素子としての電気的特性において適した膜厚とは必ずしも一致しないので、結晶化工程における最適設計と素子構造の最適設計とを両方同時に満足することができない。

【0021】また、透光性のない高融点金属膜をガラス基板の全面に形成すると、透過型の液晶表示装置を作製することは不可能になってしまう。高融点金属材料として使用されるクロム(Cr)膜やチタン(Ti)膜は内部応力が高いので、ガラス基板との密着性に問題が生じる可能性が高い。さらに、内部応力の影響はこの上層に形成する半導体膜へも及び、形成された結晶質半導体膜に歪みを与える力として作用する可能性が高い。

【0022】一方、TFTにおいて重要なパラメータである閾値電圧(以下、 V_{th} と記す。)を所定の範囲内に制御するためには、チャネル形成領域の荷電子制御のほか、活性層に密接して絶縁膜で形成する下地膜やゲート絶縁膜の荷電欠陥密度を低減させることや、その内部応力のバランスを考慮する必要がある。このような要求に対して、酸化珪素膜や酸化窒化珪素膜などの珪素を構成元素として含む材料が適していた。したがって、基板と下地膜との間に高融点金属膜を設けることは、そのバランスを崩してしまうことが懸念される。

【0023】また、SLS法は、マスクと基板との相対的な位置決めのためにミクロン単位での精密な制御が必要であり、通常のレーザー照射装置と比較して複雑な装置

8

になってしまう。さらに、大面積領域を有する液晶ディスプレイに適用されるTFTの作製に用いるにはスループットに問題がある。

【0024】本発明はこれらのような問題点を解決するための技術であり、結晶粒の位置とその大きさを制御した結晶質半導体膜を作製し、さらに前記結晶質半導体膜をTFTのチャネル形成領域に用いることにより、高速動作が可能なTFTを実現する。さらにそのようなTFTを透過型の液晶表示装置やエレクトロルミネッセンス材料を用いた表示装置などのさまざまな半導体装置に適用できる技術を提供することを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】合成石英ガラス基板上に窒化珪素膜を形成し、前記窒化珪素膜上に窒化酸化珪素膜(A-type)を形成し、前記窒化酸化珪素膜(A-type)上に膜厚55nmの非晶質珪素膜を形成する第2のサンプルを用いて、シミュレーションを行なう。前記第2のサンプルに対し、基板の表面側からレーザービームを照射し、非晶質珪素膜に対する前記レーザービームの反射率の計算を行なった結果を図2～図3に示す。図2(a)は窒化珪素膜の膜厚を50nmに固定した場合の窒化酸化珪素膜(A-type)膜厚依存の計算結果を示し、図2(b)は窒化酸化珪素膜(A-type)膜厚を100nmに固定した場合の窒化珪素膜の膜厚依存の計算結果を示している。計算を行なう際、レーザービームの波長は308nmとし、その他のパラメータについては表1に示したものをを用いた。

【0026】図2(a)より、同じレーザービームの照射エネルギーであっても窒化酸化珪素膜(A-type)の膜厚を変化させることによって、非晶質珪素膜に対する反射率が周期的に変化していることが分かる。また、図2(b)より、同じレーザービームの照射エネルギーであっても窒化珪素膜の膜厚を変化させることによって、非晶質珪素膜に対する反射率が周期的に変化していることが分かる。

【0027】次に、前記第2のサンプルに対して、レーザービームの波長を532nmにして計算した結果を図3に示す。図3(a)は窒化珪素膜の膜厚を50nmに固定した場合の窒化酸化珪素膜(A-type)の膜厚依存の計算結果を示し、図3(b)は窒化酸化珪素膜(A-type)の膜厚を100nmに固定した場合の窒化珪素膜の膜厚依存の計算結果を示している。また、計算を行なう際に用いたパラメータについては表2に示す。

【0028】

【表2】

(6)

特開2002-33330

9

10

	屈折率 n	減衰定数 k	吸収係数 α [cm ⁻¹]
結晶化シリコン膜	4.81	0.12	2.74×10^4
非晶質シリコン膜	4.59	0.39	9.81×10^4
窒化酸化珪素膜 (A-type)	1.48	0.00	0.00
窒化酸化珪素膜 (B-type)	1.79	0.00	1.22×10^3
窒化珪素膜	2.02	0.00	8.16×10^3
コニング社製 1737 基板	1.45	0.01	4.08×10^3
合成石英ガラス	1.48	0.00	0.00

【0029】図3(a)より、同じレーザービームの照射エネルギーであっても窒化酸化珪素膜 (A-type) の膜厚を変化させることによって、非晶質珪素膜に対する反射率が周期的に変化していることが分かる。また、図3(b)より、窒化珪素膜の膜厚を変化させることによって、非晶質珪素膜に対する反射率が周期的に変化していることが分かる。

【0030】つまり、基板の裏面側からレーザービームを照射する場合、屈折率の異なる複数の下地絶縁膜のうち、少なくとも1層の下地絶縁膜の膜厚を変化させることによって、前記非晶質珪素膜に対する前記レーザービームの実効的な照射強度を変化させることが出来ることが分かる。さらに、前記非晶質珪素膜に対する反射率の周期的な変化はレーザービームの波長を変えても現れることが分かる。但し、反射率の変化の周期はレーザービームの波長、下地絶縁膜の膜厚等によって異なる。

【0031】次に、合成石英ガラス基板上に下層窒化酸化珪素膜を形成し、前記下層窒化酸化珪素膜上に膜厚100nmの窒化酸化珪素膜 (A-type) を形成し、前記窒化酸化珪素膜 (A-type) 上に膜厚55nmの非晶質珪素膜を形成する第3のサンプルを用いて、シミュレーションを行なう。なお、下層窒化酸化珪素膜とは、窒化酸化珪素膜 (A-type) や窒化酸化珪素膜 (B-type) と差別化するために用いており、このシミュレーションにおいて下層窒化酸化珪素膜の組成比を変えることで、前記下層窒化酸化珪素膜の屈折率を変えている。このような第3のサンプルに対し、基板の裏面側から波長308nmのレーザービームを照射したときの非晶質珪素膜に対する反射率を図10(a)に示す。図10(a)より、前記下層窒化酸化珪素膜の屈折率の変化に伴って、非晶質珪素膜に対する反射率も変化していることが分かる。

【0032】一方、合成石英ガラス基板上に膜厚100nmの窒化酸化珪素膜 (A-type) を形成し、前記窒化酸化珪素膜 (A-type) 上に膜厚55nmの非晶質珪素膜を形成する第4のサンプルに、波長308nmのレーザービームを照射したときの非晶質珪素膜に対する反射率は、図2(b)の窒化珪素膜の膜厚が0nmの場合を読み取れば、42.5%であることが分かる。つまり、下層窒化酸化珪素膜の組成比における窒素の割合を増やして、前記下層窒化酸化珪素膜の膜質を窒化酸化珪素膜 (A-type) に近づけると、非晶質珪素膜

に対するレーザービームの反射率は、下地絶縁膜を下層窒化酸化珪素膜と窒化酸化珪素膜 (A-type) の積層にした場合と、窒化酸化珪素膜 (A-type) のみの場合と同程度になる。つまり、屈折率が近い下地絶縁膜を積層にして、前記下地絶縁膜のうちの1層に段差を設けて膜厚に段階をつけても、半導体膜におけるレーザービームの強度分布が生じず、積層にした意味があまりないことがわかる。

【0033】続いて、第3のサンプルに波長532nmのレーザービームを基板の裏面側から照射し、下層窒化酸化珪素膜の組成比を変えることで、前記下層窒化酸化珪素膜の屈折率を変化させ、非晶質珪素膜に対する反射率を変化させている。その結果を図10(b)に示す。一方、前記第4のサンプルに波長532nmのレーザービームを照射したときの非晶質珪素膜に対する反射率は、図3(b)の窒化珪素膜膜厚が0nmのところから読み取れば、10%であることが分かる。波長532nmのレーザービームの場合でも、下層窒化酸化珪素膜の組成比を変化させて、前記下層窒化酸化珪素膜の膜質を窒化酸化珪素膜 (A-type) に近づけると、非晶質珪素膜に対する反射率は下地絶縁膜を下層窒化酸化珪素膜と窒化酸化珪素膜 (A-type) の積層にした場合と、窒化酸化珪素膜 (A-type) のみの場合と同程度になる。つまり、波長532nmのレーザービームを用いた場合でも、屈折率が近い下地絶縁膜を積層にして、前記下地絶縁膜のうちの1層に段差を設けて膜厚に段階をつけても、非晶質珪素膜においてレーザービームの実効的な強度分布が生じず、積層にした意味があまりないことがわかる。

【0034】また、表2より、窒化酸化珪素膜 (A-type)、コニング社製1737基板、および合成石英ガラス基板は波長532nmに対する屈折率が同程度になっている。そこで、基板として1737ガラス基板や合成石英ガラス基板を用い、前記基板上に段差を設けて膜厚に段階をつけた窒化酸化珪素膜 (A-type) を形成し、前記窒化酸化珪素膜 (A-type) 上に非晶質珪素膜を形成し、前記基板の裏面側からレーザービームを照射する。しかしながら、前記窒化酸化珪素膜 (A-type) に設けた段差よりも前記基板の表面の凹凸の方が粗いため、前記基板の裏面側からレーザービームを照射しても、前記非晶質珪素膜において実効的なレーザービームの強度分布がほとんど生じない。つまり、用いる

11

レーザビームの波長に対して、基板上に成膜する下地絶縁膜は、前記基板と同程度の屈折率では意味がなく、前記基板とは屈折率の異なるものにする必要があることがわかる。

【0035】このように、非晶質半導体膜に対する反射率が変化するの、積層した複数の下地絶縁膜の干渉効果によるものであり、積層した複数の下地絶縁膜の膜厚と屈折率の組み合わせで、任意のレーザビームの強度分布を得ることができる。以上のことから、本発明は、複数の下地絶縁膜を用い、かつ、前記複数の下地絶縁膜のうち少なくとも1層は段差を設けて膜厚に段階を付けることによって、大径径で、しかも位置制御された結晶粒を有する結晶質半導体膜を形成することを可能とする。但し、複数の下地絶縁膜は屈折率の異なる少なくとも2種類の絶縁膜を用いるものとし、レーザビームの照射は基板の裏面側から、または基板の表面側と裏面側の両側から行なうものとする。

【0036】

【発明の実施形態】
【実施形態1】本実施形態を図4を用いて説明する。図4(a)において基板1001にはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどの無アルカリガラス基板や合成石英ガラス基板を用いる。例えば、コーニング社製の7059ガラスや1737ガラスなどを好適に用いることが出来る。

【0037】前記基板1001の上に第1の下地絶縁膜1002を公知の手段(LPCVD法、プラズマCVD法等)により窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=27%、N=24%、H=17%)などで形成する。本実施形態では、プラズマCVD法を用い、窒化珪素膜を50nm形成する。

【0038】この上に前記第1の下地絶縁膜1002と屈折率の異なる第2の下地絶縁膜1003を公知の手段(LPCVD法、プラズマCVD法等)により酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜などで形成する。本実施形態では、プラズマCVD法を用い、酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%)を130~150nm形成する。

【0039】第2の下地絶縁膜1003を形成した後フォトリソグラフィの技術を用いレジストマスクを形成し、不要部分をエッチングして、膜厚が130~150nmの部分と78~98nmの部分とを有する第3の下地絶縁膜1004を得る(図4(b))。前記エッチングにはフッ素系のガスを用いたドライエッチング法を用いても良いし、フッ素系の水溶液を用いたウェットエッチング法を用いても良い。前記ウェットエッチング法を選択する場合には、例えば、フッ化水素アンモニウム(NH₄HF₂)を7.13%とフッ化アンモニウム(NH₄F)を15.4%含む混合液(スアラケミファ社製、商品名LAL500)でエッチングしても良い。

【0040】前記第3の下地絶縁膜1004を2段階の

(7)

特開2002-33330

12

膜厚にするのは、半導体膜に対するレーザビームの真効的な強度分布を形成するためである。図2(a)において周期的に現れる非晶質珪素膜に対する反射率の最大値62.5%程度に相当する膜厚が130~150nmであり、前記非晶質珪素膜に対する最小値22.7%程度に相当する膜厚が78~98nmとなっている。既に述べたように、前記非晶質珪素膜に対する反射率は周期性を持っているので、前記非晶質珪素膜に対する反射率の最大値程度と最小値程度に相当する膜厚であれば、前述の膜厚に限らない。但し、前記第3の下地絶縁膜1004の2段階の膜厚の差は、この後に形成される非晶質半導体膜の膜厚より小さい方が望ましい。また、第2の下地絶縁膜1004の段差における側壁の角度は、基板1001に対して、5°以上85°未満(好ましくは30°~60°)となるようにテーパ状にエッチングしてこの上に積層させる膜のステップカバレッジを確保するのが望ましい。

【0041】図4(b)に示す非晶質半導体膜1005を、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で25~200nm(好ましくは30~100nm)の厚さに、段差を持つ第3の下地絶縁膜1004に沿って形成する。本実施形態では非晶質珪素膜を55nmの膜厚で形成する。但し、前記非晶質半導体膜としては、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜があり、非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。

【0042】図4(c)は裏面側からレーザビームを照射する結晶化工程を説明する図であり、図4(d)では基板の表面側と裏面側の両側からレーザビームを照射する結晶化工程を説明する図である。本発明においては、いずれかの方法を用いることとする。レーザアニール法による結晶化は、まず非晶質半導体膜が含有する水素を放出させておくことが望ましく、400~500℃で窒素雰囲気中1時間程度曝して、含有する水素量を5atm%以下にしておくことと良い。これにより、膜の耐レーザ性が著しく向上する。

【0043】レーザアニール法において用いるレーザ発振器について説明する。エキシマレーザは大出力で、現状で300Hz程度の高繰り返しパルスを発振出来るため、良く用いられている。また、パルス発振のエキシマレーザだけでなく、連続発振のエキシマレーザや、Arレーザ、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ等も用いることが出来る。

【0044】前述のいずれかのレーザ発振器を用いて、図4(c)または(d)のいずれかの照射方法で前記非晶質半導体膜の結晶化を行なう。既に述べたように、第3の下地絶縁膜1004の膜厚が2段階になっているため、裏面側からレーザビームが照射されると、前記非晶質半導体膜1005に対する前記レーザビームの反射率は領域Aでは22.7%程度、領域Bでは62.5%程

10

30

40

50

(8)

特開2002-33330

13

度になっており、レーザービームの実効的な強度が異なる。

【0045】さらに、図4(c)または図4(d)の第3の下地絶縁膜1004における段差幅(領域Aと領域Bの境界)は、熱の逃げる場所として、①直下の下地絶縁膜との横方向に存在する下地絶縁膜の両方があるため、他の場所と比較して早く冷める。そのため、最初に温度の下がる前記第2の下地絶縁膜における段差幅上の半導体膜から固相化が始まり、結晶核1006が発生する。この結晶核が結晶成長の中心となり、温度が高く溶融状態の領域Aまたは領域Bに向かって結晶成長が進行する。但し、領域Aの方が領域Bよりレーザービームの吸収率が高いため、結晶核は1007で示す方向へ成長するので、領域Aの半導体膜にはより大粒径の結晶粒が形成される。このようにして、大粒径で、位置制御された結晶粒を持つ結晶質半導体膜を形成することができる。

(図4(e))

【0046】レーザービームを照射した後、前記結晶質半導体膜は、3~100%の水素を含む雰囲気中で300~450℃の加熱処理、あるいは、プラズマによって生成された水素を含む雰囲気中で200~450℃の加熱処理によって、残留する欠陥を中和することができる。このようにして作製された結晶質半導体膜の領域Aをチャネル形成領域として、TFTを作製することにより、前記TFTの電気的特性を向上させることができる。

【0047】【実施形態2】本実施形態を図5を用いて説明する。図5(a)において基板1001にはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどの無アルカリガラス基板や合成石英ガラス基板を用いる。例えば、コーニング社製の7059ガラスや1737ガラスなどを好適に用いることができる。

【0048】前記基板1001の上に第1の下地絶縁膜1009を公知の手段(LPCVD法、プラズマCVD法等)により窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=27%、N=24%、H=17%)などで形成する。本実施形態では、プラズマCVD法を用い、窒化珪素膜を55~85nm形成する。

【0049】前記第1の下地絶縁膜1009を形成した後フォトリソグラフィの技術を用いレジストマスクを形成し、不要な部分をエッチングして、膜厚が55~85nmの部分と25~45nmの部分とを有する第2の下地絶縁膜1010を得る(図5(b))。前記エッチングにはフッ素系のガスを用いたドライエッチング法を用いても良いし、フッ素系の水溶液を用いたウエットエッチング法を用いても良い。前記ウエットエッチング法を選択する場合には、例えば、フッ化水素アンモニウム(NH₄HF₂)を7.13%とフッ化アンモニウム(NH₄F)を15.4%含む混合液(ステラケミファ社製、商品名LAL500)でエッチングしても良い。

【0050】この上に前記第2の下地絶縁膜1010と

14

屈折率の異なる第3の下地絶縁膜1011を公知の手段(LPCVD法、またはプラズマCVD法等)により酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜などで形成する。本実施形態では、プラズマCVD法を用い、酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%)を100nm形成する。

【0051】前記第2の下地絶縁膜1010を2段階の膜厚にしているのは、半導体膜に対するレーザービームの実効的な強度分布を形成するためである。図2(b)において周期的に現れる非晶質珪素膜に対する反射率の最大値42.5%程度に相当する膜厚が55~85nmであり、前記非晶質珪素膜に対する最小値20%程度に相当する膜厚が25~45nmとなっている。既に述べたように、前記非晶質珪素膜に対する反射率は周期性を持っているので、前記非晶質珪素膜に対する反射率の最大値程度と最小値程度に相当する膜厚であれば、前述の膜厚に限らない。但し、前記第2の下地絶縁膜1010の2段階の膜厚の差は、この後に形成される非晶質半導体膜の膜厚より小さい方が望ましい。また、第2の下地絶縁膜1010の段差における側壁の角度は、基板1001に対して、5°以上85°未満(好ましくは30°~60°)となるようにテーパ状にエッチングしてこの上に積層させる膜のステップカバレッジを確保するのが望ましい。

【0052】図5(b)に示す非晶質半導体膜1012を、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で25~200nm(好ましくは30~100nm)の厚さに第3の下地絶縁膜1011に沿って形成する。本実施形態では、非晶質珪素膜を55nm形成する。但し、前記非晶質半導体膜としては、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜があり、非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。

【0053】図5(c)は裏面側からレーザービームを照射する結晶化工程を説明する図であり、図5(d)では基板の表面側と裏面側の両側からレーザービームを照射する結晶化工程を説明する図である。本発明においては、いずれかの方法を用いることとする。レーザーアニール法による結晶化は、まず非晶質半導体膜が含有する水素を放出させておくことが望ましく、400~500℃で窒素雰囲気中1時間程度曝して、含有する水素量を5atom%以下にしておくことが良い。これにより、膜の耐レーザー性が著しく向上する。

【0054】レーザーアニール法において用いるレーザー発振器について説明する。エキシマレーザーは大出力で、現状で300Hz程度の高繰り返しパルスを出発出来るため、良く用いられている。また、パルス発振のエキシマレーザーだけでなく、連続発振のエキシマレーザーや、Arレーザー、YAGレーザー、YVO₄レーザー、YLFレーザー等も用いることができる。

【0055】前述のいずれかのレーザー発振器を用いて、

15

図5(c)または(d)のいずれかの照射方法で非晶質半導体膜の結晶化を行なう。既に述べたように、第2の下地絶縁膜1010の膜厚が2段階になっているため、裏面側からレーザービームが照射されると、前記非晶質半導体膜1012に対する前記レーザービームの反射率は領域Aでは20%程度、領域Bでは42.5%程度になっており、レーザービームの実効的な強度が異なっている。

【0056】さらに、図5(c)または図5(d)の第2の下地絶縁膜1010における段差幅(領域Aと領域Bの境界)は、熱の逃げる場所として、①直下の下地絶縁膜との横方向に存在する下地絶縁膜の同方があるため、他の場所と比較して早く冷める。そのため、最初に温度の下がる前記第2の下地絶縁膜における段差幅上の半導体膜から固相化が始まり、結晶核1006が発生する。この結晶核が結晶成長の中心となり、温度が高く溶融状態の領域Aまたは領域Bに向かって結晶成長が進行する。但し、領域Aの方が領域Bよりレーザービームの吸収率が高いため、結晶核は1007で示す方向へ成長するので、領域Aの半導体膜にはより大粒径の結晶粒が形成される。このようにして、大粒径で、位置制御された結晶粒を持つ結晶質半導体膜を形成することができる。

(図5(e))

【0057】レーザービームを照射した後、前記結晶質半導体膜は、3~100%の水素を含む雰囲気中で300~450℃の加熱処理、あるいは、プラズマによって生成された水素を含む雰囲気中で200~450℃の加熱処理によって、残留する欠陥を中和することができる。このようにして作製された結晶質半導体膜の領域Aをチャネル形成領域として、TFTを作製することにより、前記TFTの電気的特性を向上させることができる。

【0058】【実施形態3】本実施形態を図6を用いて説明する。図6(a)において基板1001にはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどの無アルカリガラス基板や合成石英ガラス基板を用いる。例えば、コーニング社製の7059ガラスや1737ガラスなどを好適に用いることが出来る。

【0059】前記基板1001の上に第1の下地絶縁膜1016を公知の手段(LPCVD法、プラズマCVD法等)により窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=27%、N=24%、H=17%)などで形成する。本実施形態では、プラズマCVD法を用い、窒化珪素膜を50nm形成する。

【0060】この上に前記第1の下地絶縁膜1016と屈折率の異なる第2の下地絶縁膜1017を公知の手段(LPCVD法、またはプラズマCVD法等)により酸化珪素膜、酸化窒化珪素膜などで形成する。本実施形態では、プラズマCVD法を用い、酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%)を78~98nm形成する。

【0061】第2の下地絶縁膜1017を形成した後フ

(9)

特開2002-33330

16

ォトリソグラフィの技術を用いレジストマスクを形成し、不要部分をエッチングして、膜厚が25~45nmの部分と78~98nmの部分とを有する第3の下地絶縁膜1018を得る(図6(b))。前記エッチングにはフッ素系のガスを用いたドライエッチング法を用いても良いし、フッ素系の水溶液を用いたウェットエッチング法を用いても良い。前記ウェットエッチング法を選択する場合には、例えば、フッ化水素アンモニウム(NH₄HF₂)を7.13%とフッ化アンモニウム(NH₄F)を15.4%含む混合液(ステラケミファ社製、商品名LAL500)でエッチングしても良い。

【0062】前記第3の下地絶縁膜1018を2段階の膜厚にするのは、半導体膜に対するレーザービームの実効的な強度分布を形成するためである。図2(a)において周期的に現れる非晶質珪素膜に対する反射率の最大値62.5%程度に相当する膜厚が25~45nmであり、前記非晶質珪素膜に対する最小値22.7%程度に相当する膜厚が78~98nmとなっている。既に述べたように、前記非晶質珪素膜に対する反射率は周期性を持っているので、前記非晶質珪素膜に対する反射率の最大値程度と最小値程度に相当する膜厚であれば、前述の膜厚に限らない。但し、前記第3の下地絶縁膜1018の2段階の膜厚の差は、この後に形成される非晶質半導体膜の膜厚より小さい方が望ましい。また、第3の下地絶縁膜1018の段差における側壁の角度は、基板1001に対して、5°以上85°未満(好ましくは30°~60°)となるようにテーパ状にエッチングしてこの上に積層させる膜のステップカバレッジを確保するのが望ましい。

【0063】図6(b)に示す非晶質半導体膜1019を、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で25~200nm(好ましくは30~100nm)の厚さに、段差を持つ第3の下地絶縁膜1018に沿って形成する。本実施形態では非晶質珪素膜を55nm形成する。但し、前記非晶質半導体膜としては、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜があり、非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。

【0064】図6(c)は裏面側からレーザービームを照射する結晶化工程を説明する図であり、図6(d)では基板の表面側と裏面側の両側からレーザービームを照射する結晶化工程を説明する図である。本発明においては、いずれかの方法を用いることとする。レーザーアニール法による結晶化は、まず非晶質半導体膜が含有する水素を放出させておくことが望ましく、400~500℃で窒素雰囲気中1時間程度曝して、含有する水素量を5atom%以下にしておくことが望ましい。これにより、膜の耐レーザー性が著しく向上する。

【0065】レーザーアニール法において用いるレーザー発振器について説明する。エキシマレーザーは大出力で、現

10

20

30

40

50

状で300Hz程度の高繰り返しパルスを発振出来るため、良く用いられている。また、パルス発振のエキシマレーザだけでなく、連続発振のエキシマレーザや、Arレーザ、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ等も用いることが出来る。

【0066】前述のいずれかのレーザ発振器を用いて、図6(c)または(d)のいずれかの照射方法で前記非晶質半導体膜の結晶化を行なう。既に述べたように、第3の下地絶縁膜1018の膜厚が2段階になっているため、裏面側からレーザビームが照射されると、前記非晶質半導体膜1019に対する前記レーザビームの反射率は領域Aでは22.7%程度、領域Bでは62.5%程度になっており、レーザビームの衰減的な強度が異なっている。

【0067】さらに、図6(c)または図6(d)の第3の下地絶縁膜1018における段差端(領域Aと領域Bの境界)は、熱の逃げる場所として、①直下の下地絶縁膜との横方向に存在する下地絶縁膜の両方があるため、他の場所と比較して早く冷める。そのため、最初に温度の下がる前記第3の下地絶縁膜における段差端上の半導体膜から固相化が始まり、結晶核1006が発生する。この結晶核が結晶成長の中心となり、温度が高く溶融状態の領域Aまたは領域Bに向かって結晶成長が進行する。但し、領域Aの方が領域Bよりレーザビームの吸収率が高いため、結晶核は1007で示す方向へ成長するので、領域Aの半導体膜にはより大粒径の結晶粒が形成される。このようにして、大粒径で、位置制御された結晶粒を持つ結晶質半導体膜を形成することができる。

(図6(e))

【0068】レーザビームを照射した後、前記結晶質半導体膜は、3~100%の水素を含む雰囲気中で300~450℃の加熱処理、あるいは、プラズマによって生成された水素を含む雰囲気中で200~450℃の加熱処理によって、残留する欠陥を中和することができる。このようにして作製された結晶質半導体膜の領域Aをチャネル形成領域として、TFTを作製することにより、前記TFTの電気的特性を向上させることができる。

【0069】

【実施例】【実施例1】ここでは、本発明のシミュレーション結果について図7~8を用いて説明する。

【0070】図7(a)において基板1001にはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどの無アルカリガラス基板や合成石英ガラス基板を用いる。本実施例では合成石英ガラス基板を用いている。

【0071】前記基板1001の上に第1の下地絶縁膜1023を公知の手段(LPCVD法、プラズマCVD法等)により窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜などで形成する。本実施例では、プラズマCVD法を用い、窒化珪素膜を50nm形成した。

【0072】前記第1の下地絶縁膜1023上に前記第

1の下地絶縁膜と屈折率の異なる第2の下地絶縁膜1024を公知の手段(LPCVD法、またはプラズマCVD法等)により酸化窒化珪素膜などで形成する。本実施例では、プラズマCVD法を用い、酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%)を140nm形成した。

【0073】前記第2の下地絶縁膜1024を形成した後フォトリソグラフィの技術を用いレジストマスクを形成し、不要な部分をエッチングして、膜厚が140nmの部分と88nmの部分とを有する第3の下地絶縁膜1025を得る(図7(b))。前記エッチングにはフッ素系のガスを用いたドライエッチング法を用いても良いし、フッ素系の水溶液を用いたウエットエッチング法を用いても良い。前記ウエットエッチング法を選択する場合には、例えば、フッ化水素アンモニウム(NH₄HF₂)を7.13%とフッ化アンモニウム(NH₄F)を15.4%含む混合液(ステラケミファ社製、商品名LAL500)でエッチングしても良い。

【0074】前記第3の下地絶縁膜1025を2段階の膜厚にするのは、半導体膜に対するレーザビームの衰減的な強度分布を形成するためである。図2(a)において周期的に現れる非晶質珪素膜に対する反射率の最大値62.5%に相当する膜厚が140nmであり、前記非晶質珪素膜に対する最小値22.7%に相当する膜厚が88nmとなっている。既に述べたように、前記非晶質珪素膜に対する反射率は周期性を持っているので、前記非晶質珪素膜に対する反射率の最大値程度と最小値程度に相当する膜厚であれば、前述の膜厚に限らない、但し、前記第3の下地絶縁膜1025の2段階の膜厚の差は、この後に形成される半導体膜の膜厚より小さい方が望ましい。また、第3の下地絶縁膜1025の段差における側壁の角度は、基板1001に対して、5°以上85°未満(好ましくは30°~60°)となるようにテーパー状にエッチングしてこの上に積層させる膜のステップカバレッジを確保する。

【0075】図7(b)に示す非晶質半導体膜1026を、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で25~200nm(好ましくは30~100nm)の厚さに段差を持つ第3の下地絶縁膜1025に沿って形成する。本実施例では、プラズマCVD法を用い、非晶質珪素膜を50nm形成する。前記非晶質半導体膜としては、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜があり、非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。

【0076】図7(c)は裏面側からレーザビームを照射する結晶化工程を説明する図である。本発明においては、基板の裏面側からの照射、または基板の表面側と裏面側の両側からの照射のいずれかの方法を用いるが、本実施例では、基板の裏面側から照射した。レーザアニール法による結晶化は、まず非晶質半導体膜が含有する水

(11)

特開2002-33330

19

20

素を放出させておくことが望ましく、400～500℃で窒素雰囲気中1時間程度曝して、含有する水素量を5 atom%以下にしておくことがよい。これにより、膜の耐レーザ性が著しく向上する。

【0077】レーザアニール法において用いるレーザ発振器について説明する。エキシマレーザは高出力で、現状で300Hz程度の高繰り返しパルスを出振出来るため、良く用いられている。また、パルス発振のエキシマレーザだけでなく、連続発振のエキシマレーザや、Arレーザ、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ等も用いることが出来る。

【0078】本実施例ではエキシマレーザ（波長308nm、パルス幅30ns）を用いて、図7（c）の照射方法で非晶質珪素膜の結晶化を行なった。既に述べたように、第3の下地絶縁膜1025の膜厚が2段階になっているため、裏面側からレーザビームが照射されると、非晶質珪素膜に対する前記レーザビームの反射率は領域Aでは22.7%程度、領域Bでは62.5%程度になっており、レーザビームの実効的な強度が異なっている。

【0079】さらに、図7（c）の第3の下地絶縁膜1025における段差端（領域Aと領域Bの境界）は、熱の逃げ場として、直下の下地絶縁膜との横方向に存在する下地絶縁膜の両方があるため、他の場所と比較して早く冷める。そのため、最初に温度の下がる前記第3の下地絶縁膜1025における段差端から固相化が始まり、結晶核1006が発生する。この結晶核が結晶成長の中心となり、温度が高く溶融状態の領域Aまたは領域Bに向かって結晶成長が進行する。但し、領域Aの方が領域Bよりレーザビームの吸収率が高いため、結晶核は1007で示す方向へ成長するので、領域Aの半導体膜にはより大粒径の結晶粒が形成される。このようにして、大粒径で、位置制御された結晶粒を持つ結晶半導体膜を形成することができる。

【0080】比較のため、合成石英ガラス基板上に酸化珪素膜（A-type）を形成し、前記酸化珪素膜（A-type）に膜厚55nmの非晶質珪素膜を形成したサンプルに対して、シミュレーションを行い、固相化開始時間の比較を図8に示す。但し、酸化珪素膜（A-type）の膜厚は本実施例で既に示したように、88nmと140nmの2段階の膜厚を持つ。図8は下地段差端（図7（c）の領域Aと領域Bの境界）から領域Aへの距離と固相化開始時間との関係を示している。図8から、例えば段差を有する下地膜を用いても、下地膜が1層である場合より、本発明の構成での結晶化は、レーザビームの照射後の半導体膜の固相化がゆっくり進むので、大粒径の結晶粒を得ることができることがわかる。

【0081】レーザビームを照射した後、前記結晶半導体膜は、3～100%の水素を含む雰囲気中で300

～450℃の加熱処理、あるいは、プラズマによって生成された水素を含む雰囲気中で200～450℃の加熱処理によって、残留する欠陥を中和することができる。このようにして作製された結晶半導体膜の領域Aをチャネル形成領域として、TFTを作製することにより、前記TFTの電気的特性を向上させることができる。

【0082】【実施例2】ここでは、本発明の構成を用い、非晶質珪素膜を熱処理によって部分的に結晶化させたのち、レーザアニールを行なう方法について説明する。図9（a）において基板1001にはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどの無アルカリガラス基板や合成石英ガラス基板を用いる。本実施例では合成石英ガラス基板を用いている。

【0083】前記基板1001の上に第1の下地絶縁膜1028を形成する手段（LPCVD法、またはプラズマCVD法等）により酸化珪素膜、窒化珪素膜などで形成する。本実施例では、プラズマCVD法を用い、窒化珪素膜を50nm形成した。

【0084】この上に前記第1の下地絶縁膜1028と屈折率の異なる第2の下地絶縁膜1029を形成する手段（LPCVD法、プラズマCVD法等）により酸化珪素膜などで形成する。本実施例では、プラズマCVD法を用い、酸化珪素膜（組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%）を140nm形成した。

【0085】前記第2の下地絶縁膜1029を形成した後フォトリソグラフィの技術を用いレジストマスクを形成し、不要部分をエッチングして、膜厚が140nmの部分と88nmの部分を持つ第3の下地絶縁膜1030を得る（図9（b））。前記エッチングにはフッ素系のガスを用いたドライエッチング法を用いても良いし、フッ素系の水溶液を用いたウェットエッチング法を用いても良い。前記ウェットエッチング法を選択する場合には、例えば、フッ化水素アンモニウム（NH₄HF₂）を7.13%とフッ化アンモニウム（NH₄F）を15.4%含む混合液（ステラケミファ社製、商品名LAL500）でエッチングしても良い。

【0086】前記第3の下地絶縁膜1030を2段階の膜厚にするのは、半導体膜に対するレーザビームの実効的な強度分布を形成するためである。図2（a）において周期的に現れる非晶質珪素膜に対する反射率の最大値62.5%に相当する膜厚が140nmであり、前記非晶質珪素膜に対する最小値22.7%に相当する膜厚が88nmとなっている。既に述べたように、前記非晶質珪素膜に対する反射率は周期性を持っているので、前記非晶質珪素膜に対する反射率の最大値程度と最小値程度に相当する膜厚であれば、前述の膜厚に限らない。但し、前記第3の下地絶縁膜1030の2段階の膜厚の差は、この後に形成される半導体膜の膜厚より小さい方が望ましい。また、第3の下地絶縁膜1030の段差における側壁の角度は、基板1001に対して、5°以上8

(12)

特開2002-33330

21

5°未満(好ましくは30°~60°)となるようにターバー状にエッチングしてこの上に積層させる膜のステップカバレッジを確保する。

【0087】図9(b)に示す非晶質半導体膜1031を、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で25~200nm(好ましくは30~100nm)の厚さに段差を持つ第3の下地絶縁膜1030に沿って形成する。本実施例では、プラズマCVD法を用い、非晶質珪素膜を50nm形成する。前記非晶質半導体膜としては、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜があり、非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。

【0088】次に、特開平7-183540号公報に記載されている方法により、前記非晶質珪素膜を部分的に結晶化させる。ここで、前記方法を簡単に説明する。まず、非晶質半導体膜にニッケルまたは、パラジウム、または鉛等の元素を微量に添加する。添加の方法は、プラズマ処理法や蒸着法、イオン注入法、スパッタ法、溶液塗布法等を利用すればよい。前記添加の後、例えば550℃の窒素雰囲気中に4時間、非晶質半導体膜を置くと、電気的特性の良好な結晶質半導体膜が得られる。結晶化に最適な加熱温度や加熱時間等は、前記元素の添加量や、非晶質半導体膜の状態による。例えば、前記溶液塗布法を適用し、溶液に酢酸ニッケル溶液を用いるなら、重量換算で濃度10ppmのものを5ml、スピコート法により膜上全面に塗布して金属含有層1032を形成する。(図9(b))次に、基板に対し、温度500℃の窒素雰囲気中に1時間、更に連続的に、温度550℃の窒素雰囲気中に4時間の加熱を行って、部分的に結晶化した第1の結晶質珪素膜1033を得る。(図9(c))

【0089】図9(d)は裏面側からレーザービームを照射する結晶化工程を説明する図である。本発明においては、基板の裏面側からの照射、または基板の裏面側と裏面側の両側からの照射のいずれかの方法を用いるが、本実施例では、基板の裏面側から照射した。レーザーアニール法による結晶化は、まず非晶質半導体膜が含有する水素を放出させておくことが望ましく、400~500℃で窒素雰囲気中に1時間程度曝して、含有する水素量を5atm%以下にしておくことと良い。これにより、膜の耐レーザ性が著しく向上する。

【0090】レーザーアニール法において用いるレーザ発振器について説明する。エキシマレーザは大出力で、現状で300Hz程度の高繰り返しパルスを出振出来るため、良く用いられている。また、パルス発振のエキシマレーザだけでなく、連続発振のエキシマレーザや、Arレーザ、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ等も用いることが出来る。

【0091】本実施例ではエキシマレーザ(波長308nm、パルス幅30ns)を用いて、図9(d)の照射

22

方法で非晶質珪素膜の結晶化を行なった。既に述べたように、第3の下地絶縁膜1030の膜厚が2段階になっているため、裏面側からレーザービームが照射されると、前記レーザービームの反射率は領域Aでは22.7%程度、領域Bでは62.5%程度になっており、前記第1の結晶質珪素膜1033に対するレーザービームの実効的な強度が異なっている。

【0092】さらに、図9(d)の第3の下地絶縁膜1030における段差端(領域Aと領域Bの境界)は、熱の逃げる場所として、直下の下地絶縁膜との積方向に存在する下地絶縁膜の両方があるため、他の場所と比較して早く冷める。そのため、最初に温度の下がる前記第3の下地絶縁膜1030における段差端から半導体膜の固相化が始まり、結晶核1006が発生する。この結晶核が結晶成長の中心となり、温度が高く溶融状態の領域Aまたは領域Bに向かって結晶成長が進行する。但し、領域Aの方が領域Bよりレーザービームの吸収率が高いため、結晶核は1007で示す方向へ成長するので、領域Aの半導体膜にはより大粒径の結晶粒が形成される。このようにして、大粒径で、位置制御された結晶粒を持つ結晶質半導体膜を形成することができる。

【0093】レーザービームを照射した後、前記結晶質半導体膜は、3~100%の水素を含む雰囲気中で300~450℃の加熱処理、あるいは、プラズマによって生成された水素を含む雰囲気中で200~450℃の加熱処理によって、残留する欠陥を中和することができる。このようにして作製された結晶質半導体膜の領域Aをチャネル形成領域として、TFTを作製することにより、前記TFTの電気的特性を向上させることができる。

【0094】[実施例3]ここでは、同一基板上に画素部と、画素部の周辺に設ける駆動回路のTFT(nチャネル型TFT及びpチャネル型TFT)を同時に作製する方法について詳細に図11~図13を用いて説明する。

【0095】図11(A)において基板1001にはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどの無アルカリガラス基板や合成石英ガラス基板を用いる。本実施例では合成石英ガラス基板を用いている。

【0096】前記基板1001の上に第1の下地絶縁膜100aを公知の手段(LPCVD法、プラズマCVD法等)により窒化珪素膜、酸化窒化珪素膜などで形成する。本実施例では、プラズマCVD法を用い、窒化珪素膜を50nm形成した。

【0097】この上に前記第1の下地絶縁膜と屈折率の異なる第2の下地絶縁膜100bを公知の手段(LPCVD法、プラズマCVD法等)により酸化窒化珪素膜などで形成する。本実施例では、プラズマCVD法を用い、酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%)を140nm形成した。

【0098】前記第2の下地絶縁膜を形成した後フォト

(13)

特開2002-33330

23

24

リソグラフィの技術を用いてレジスタマスクを形成し、不要部分をエッチングして、膜厚が140nmの部分と88nmの部分とを有する第3の下地絶縁膜100cを得る(図11(B))。前記エッチングにはフッ素系のガスを用いたドライエッチング法を用いても良いし、フッ素系の水溶液を用いたウェットエッチング法を用いても良い。前記ウェットエッチング法を選択する場合には、例えば、フッ化水素アンモニウム(NH₄HF)を7.13%とフッ化アンモニウム(NH₄F)を15.4%含む混合液(ステラケミファ社製、商品名LAL500)でエッチングしても良い。

【0099】前記第3の下地絶縁膜100cを2段階の膜厚にするのは、半導体膜に対するレーザービームの実際の強度分布を形成するためである。図2(a)において局所的に現れる非晶質珪素膜に対する反射率の最大値62.5%に相当する膜厚が140nmであり、前記非晶質珪素膜に対する最小値22.7%に相当する膜厚が88nmとなっている。既に述べたように、前記非晶質珪素膜に対する反射率は周期性を持っているので、前記非晶質珪素膜に対する反射率の最大値程度と最小値程度に相当する膜厚であれば、前述の膜厚に限らない。但し、前記第3の下地絶縁膜100bの2段階の膜厚の差は、この後に形成される半導体膜の膜厚より小さい方が望ましい。また、第3の下地絶縁膜100bの段差における側壁の角度は、基板1001に対して、5°以上85°未満(好ましくは30°~60°)となるようにテーパー状にエッチングしてこの上に積層させる際のステップカバレッジを確保する。

【0100】図11(C)に示す非晶質半導体膜101を、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で25~200nm(好ましくは30~100nm)の厚さに段差を持つ第3の下地絶縁膜100cに沿って形成する。本実施例では、プラズマCVD法を用い、非晶質珪素膜を50nm形成する。前記非晶質半導体膜としては、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜があり、非晶質珪素ゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。

【0101】図11(C)は裏面側からレーザービームを照射する結晶化工程を説明する図である。本発明においては、基板の裏面側からの照射、または基板の表面側と裏面側の両側からの照射のいずれかの方法を用いるが、本実施例では、基板の裏面側から照射した。レーザーアニール法による結晶化は、まず非晶質半導体膜が含有する水素を放出させておくことが望ましく、400~500℃で真空雰囲気中に1時間程度曝して、含有する水素量を5atom%以下にしておくとも良い。これにより、膜の耐レーザー性が著しく向上する。

【0102】レーザーアニール法において用いるレーザー発振器について説明する。エキシマレーザーは大出力で、現状で300Hz程度の高繰り返しのパルスを発振出来る

ため、良く用いられている。また、パルス発振のエキシマレーザーだけでなく、連続発振のエキシマレーザーや、Arレーザー、YAGレーザー、YVO₄レーザー、YLFレーザー等も用いることが出来る。

【0103】本実施例ではエキシマレーザー(波長308nm、パルス幅30ns)を用いて、図11(C)の照射方法で非晶質珪素膜の結晶化を行なった。既に述べたように、第3の下地絶縁膜100cの膜厚が2段階になっているため、裏面側からレーザービームが照射されると、非晶質半導体膜に対する前記レーザービームの反射率は領域Aでは62.5%程度、領域Bでは22.7%程度になっており、レーザービームの実際の強度が異なる。

【0104】さらに、図11(C)の第3の下地絶縁膜における段差端は、熱の逃げる場所として、①直下の下地絶縁膜との傾斜方向に存在する下地絶縁膜の両方があるため、他の場所と比較して早く冷める。そのため、最初に温度の下がる前記第3の下地絶縁膜100cにおける段差端上の半導体膜から固相化が始まり、結晶の核が発生する。この核が結晶成長の中心となり、温度が高く溶融状態の領域に向かって結晶成長が進行する。このようにして、大粒径で、位置制御された結晶粒を持つ結晶質半導体膜を形成することができる。

【0105】レーザービームを照射した後、結晶質半導体膜をフォトリソグラフィ法を用いたパターンニング処理によって、半導体膜102~106を形成した。

【0106】また、半導体膜102~106を形成した後、TFTのしきい値を制御するために微量の不純物元素(ボロンまたはリン)のドーピングを行ってもよい。

【0107】次いで、半導体膜102~106を覆うゲート絶縁膜107を形成する。ゲート絶縁膜107はプラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを40~150nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により110nmの厚さで酸化窒化珪素膜(組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%)で形成した。勿論、ゲート絶縁膜は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0108】また、酸化珪素膜を用いる場合には、プラズマCVD法でTEOS(Tetraethyl Orthosilicate)とO₂とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300~400℃とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5~0.8W/cm²で放電させて形成することができる。このようにして作製される酸化珪素膜は、その後400~500℃の熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な電気的特性を得ることができる。

【0109】次いで、図11(D)に示すように、ゲート絶縁膜107上に膜厚20~100nmの第1の導電膜108と、膜厚100~400nmの第2の導電膜109とを積層形成する。本実施例では、膜厚30nmの

(14)

特開2002-33330

25

26

TaN膜からなる第1の導電膜408と、膜厚370nmのW膜からなる第2の導電膜109を積層形成した。Ta-N膜はスパッタ法で形成し、Taのターゲットを用い、窒素を含む雰囲気内でスパッタした。また、W膜は、Wのターゲットを用いたスパッタ法で形成した。その他に6フッ化タングステン(WF₆)を用いる熱CVD法で形成することもできる。いずれにしてもゲート電極として使用するためには低抵抗化を図る必要があり、W膜の抵抗率は20μΩcm以下にすることが望ましい。W膜は結晶粒を大きくすることで低抵抗率化を図ることができるが、W膜中に酸素などの不純物元素が多い場合には結晶化が阻害され低抵抗化する。従って、本実施例では、高純度のW(純度99.9999%)のターゲットを用いたスパッタ法で、さらに成膜時に気相中からの不純物の混入がないように十分配慮してW膜を形成することにより、抵抗率9~20μΩcmを実現することができた。

【0110】なお、本実施例では、第1の導電膜108をTa-N、第2の導電膜109をWとしたが、特に限定されず、いずれもTa、W、Ti、Mo、Al、Cu、Cr、Ndから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、リン等の不純物元素をドーピングした結晶質窒素膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また、AgPdCu合金を用いてもよい。また、第1の導電膜をタンタル(Ta)膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化チタン(TiN)膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)膜で形成し、第2の導電膜をAl膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル(TaN)膜で形成し、第2の導電膜をCu膜とする組み合わせとしてもよい。

【0111】次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスク110~115を形成し、電極及び配線を形成するための第1のエッチング処理を行なう。第1のエッチング処理では第1及び第2のエッチング条件で行なう。本実施例では第1のエッチング条件として、ICP(Inductively Coupled Plasma:誘導結合型プラズマ)エッチング法を用い、エッチング用ガスにCF₄とC₄F₈とO₂を用い、それぞれのガス流量比を25/25/10(sccm)とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF(13.56MHz)電力を投入してプラズマを生成してエッチングを行った。ここでは、松下電器産業(株)製のICPを用いたドライエッチング装置(Model E645-□ICP)を用いた。基板側(試料ステージ)にも150WのRF(13.56MHz)電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。この第1のエッチング条件によりW膜をエッチングして第1の導電膜の端部をテーパー形状とする。

【0112】この後、レジストからなるマスク110~

115を除去せずに第2のエッチング条件に変え、エッチング用ガスにCF₄とC₄F₈を用い、それぞれのガス流量比を30/30(sccm)とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF(13.56MHz)電力を投入してプラズマを生成して約30秒程度のエッチングを行った。基板側(試料ステージ)にも200WのRF(13.56MHz)電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。CF₄とC₄F₈を混合した第2のエッチング条件ではW膜及びTa-N膜とも同程度にエッチングされる。なお、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10~20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。

【0113】上記第1のエッチング処理では、レジストからなるマスクの形状を適したものとすることにより、基板側に印加するバイアス電圧の効果により第1の導電膜及び第2の導電膜の端部がテーパー形状となる。このテーパー部の角度は15~45°となる。こうして、第1のエッチング処理により第1の導電膜と第2の導電膜からなる第1の形状の導電膜117~122(第1の導電膜117a~122aと第2の導電膜117b~122b)を形成する。116はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電膜117~122で覆われない領域は20~50nm程度エッチングされ薄くなった領域が形成される。

【0114】そして、レジストからなるマスクを除去せずに第1のドーピング処理を行い、半導体層にn型を付与する不純物元素を添加する。(図12(A))ドーピング処理はイオンドーピング法、若しくはイオン注入法で行なえば良い。イオンドーピング法の条件はドーピング量を1×10¹¹~5×10¹¹atoms/cm²とし、加速電圧を60~100keVとして行なう。本実施例ではドーピング量を1.5×10¹¹atoms/cm²とし、加速電圧を80keVとして行なった。n型を付与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いるが、ここではリン(P)を用いた。この場合、導電膜117~121がn型を付与する不純物元素に対するマスクとなり、自己整合的に高濃度不純物領域123~127が形成される。高濃度不純物領域123~127には1×10¹⁹~1×10²⁰atoms/cm³の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加する。

【0115】次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第2のエッチング処理を行なう。ここでは、エッチングガスにCF₄とC₄F₈とO₂を用い、W膜を選択的にエッチングする。この時、第2のエッチング処理により第1の導電膜128b~133bを形成する。一方、第2の導電膜117a~122aは、ほとんどエッチングされず、第2の導電膜128a~133aを形成する。次いで、第2のドーピング処理を行って図12(B)の状態を得る。ドーピングは第2の導電膜117

(15)

特開2002-33330

27

28

a~122aを不純物元素に対するマスクとして用い、第1の導電層のテーパー部下方の半導体層に不純物元素が添加されるようにドーピングする。こうして、第1の導電層と重なる不純物領域134~138を形成する。この不純物領域へ添加されたリン(P)の濃度は、第1の導電層のテーパー部の膜厚に従って緩やかな濃度勾配を有している。なお、第1の導電層のテーパー部と重なる半導体層において、第1の導電層のテーパー部の端部から内側に向かって若干、不純物濃度が低くなっているものの、ほぼ同程度の濃度である。また、第1の不純物領域123~127にも不純物元素が添加され、不純物領域139~143を形成する。

【0116】次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第3のエッチング処理を行なう。この第3のエッチング処理では第1の導電層のテーパー部を部分的にエッチングして、半導体層と重なる領域を縮小するために行われる。第3のエッチングは、エッチングガスにCHF₃を用い、反応性イオンエッチング法(RIE法)を用いて行なう。第3のエッチングにより、第1の導電層144~149が形成される。この時、同時に絶縁膜116もエッチングされて、絶縁膜150a~150e、151が形成される。

【0117】上記第3のエッチングによって、第1の導電層144~148と重ならない不純物領域(LDD領域)134a~138aが形成される。なお、不純物領域(GOLD領域)134b~138bは、第1の導電層144~148と重なったままである。

【0118】このようにすることで、本実施例は、第1の導電層144~148と重なる不純物領域(GOLD領域)134b~138bにおける不純物濃度と、第1の導電層144~148と重ならない不純物領域(LDD領域)134a~138aにおける不純物濃度との差を小さくすることができ、信頼性を向上させることができる。

【0119】次いで、レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスク152~154を形成して第3のドーピング処理を行なう。この第3のドーピング処理により、pチャネル型TFTの活性層となる半導体層に前記一導電型とは逆の導電型を付与する不純物元素が添加された不純物領域155~160を形成する。第2の導電層128a~132aを不純物元素に対するマスクとして用い、p型を付与する不純物元素を添加して自己整合的に不純物領域を形成する。本実施例では、不純物領域155~160はジボラン(B₂H₆)を用いたイオンドーピング法で形成する。この第3のドーピング処理の際には、nチャネル型TFTを形成する半導体層はレジストからなるマスク152~154で覆われている。第1のドーピング処理及び第2のドーピング処理によって、不純物領域155~160にはそれぞれ異なる濃度でリンが添加されているが、そのいずれの領域

においてもp型を付与する不純物元素の濃度を $2 \times 10^{19} \sim 2 \times 10^{21}$ atoms/cm²となるようにドーピング処理することにより、pチャネル型TFTのソース領域およびドレイン領域として機能するために何ら問題は生じない。本実施例では、pチャネル型TFTの活性層となる半導体層の一部が露出しているため、不純物元素(ボロン)を添加しやすい利点を有している。

【0120】以上までの工程でそれぞれの半導体層に不純物領域が形成される。

【0121】次いで、レジストからなるマスク152~154を除去して第1の層間絶縁膜161を形成する。この第1の層間絶縁膜161としては、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを100~200nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚150nmの酸化窒化珪素膜を形成した。勿論、第1の層間絶縁膜161は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0122】次いで、図13(B)に示すように、それぞれの半導体層に添加された不純物元素を活性化処理する工程を行なう。この活性化工程はファーンズアニール炉を用いる熱アニール法で行なう。熱アニール法としては、酸素濃度が1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下の窒素雰囲気中で400~700℃、代表的には500~550℃で行なえばよく、本実施例では550℃、4時間の熱処理で活性化処理を行った。なお、熱アニール法の他に、レーザアニール法、またはラビッドサーマルアニール法(RTA法)を適用することができ

る。【0123】なお、本実施例では、上記活性化処理と同時に、結晶化の際に触媒として使用したニッケルが高濃度のリンを含む不純物領域139、141、142、155、158にグッタリングされ、主にチャネル形成領域となる半導体層中のニッケル濃度が低減される。このようにして作製したチャネル形成領域を有するTFTはオフ電流値が下がり、結晶性が良いことから高い電界効果移動度が得られ、良好な電気的特性を達成することができる。

【0124】また、第1の層間絶縁膜を形成する前に活性化処理を行っても良い。ただし、用いた配線材料が熱に弱い場合には、本実施例のように配線等を保護するため層間絶縁膜(珪素を主成分とする絶縁膜、例えば窒化珪素膜)を形成した後で活性化処理を行なうことが好ましい。

【0125】さらに、3~100%の水素を含む雰囲気中で、300~550℃で1~12時間の熱処理を行い、半導体層を水素化する工程を行う。本実施例では水素を約3%の含む窒素雰囲気中で410℃、1時間の熱処理を行った。この工程は層間絶縁膜に含まれる水素により半導体層のダングリングボンドを飽和する工程であ

る。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）を行っても良い。

【0126】また、活性化処理としてレーザアニール法を用いる場合には、上記水素化を行った後、エキシマレーザやYAGレーザ等のレーザビームを照射することが望ましい。

【0127】次いで、第1の層間絶縁膜161上に無機絶縁膜材料または有機絶縁膜材料から成る第2の層間絶縁膜162を形成する。本実施例では、膜厚1.6μmのアクリル樹脂膜を形成したが、粘度が10〜1000cp、好ましくは40〜200cpのものを、表面に凸凹が形成されるものを用いた。また、第2の層間絶縁膜162として表面が平坦化する膜を用いてもよい。

【0128】本実施例では、鏡面反射を防ぐため、表面に凸凹が形成される第2の層間絶縁膜を形成することによって画素電極の表面に凸凹を形成した。また、画素電極の表面に凹凸を持たせて光散乱性を図るため、画素電極の下方の領域に凸部を形成してもよい。その場合、凸部の形成は、TFTの形成と同じフォトリソグラフィで行うことができるため、工程数の増加なく形成することができる。なお、この凸部は配線及びTFT部以外の画素部領域の基板上に適宜設けられたい。こうして、凸部を覆う絶縁膜の表面に形成された凸凹に沿って画素電極の表面に凸凹が形成される。

【0129】そして、駆動回路において、各不純物領域とそれぞれ電気的に接続する配線163〜167を形成する。なお、これらの配線は、膜厚50nmのTi膜と、膜厚500nmの合金膜（AlとTiとの合金膜）との積層膜をパターンニングして形成する。

【0130】また、画素部においては、画素電極170、ゲート配線169、接続電極168を形成する。

（図13（C））この接続電極168によりソース配線（143bと149の積層）は、画素TFTと電気的な接続が形成される。また、ゲート配線169は、画素TFTのゲート電極と電気的な接続が形成される。また、画素電極170は、画素TFTのドレイン領域と電気的な接続が形成され、さらに保持容量を形成する一方の電極として機能する半導体層158と電気的な接続が形成される。また、画素電極170としては、AlまたはAl₂O₃を主成分とする膜、またはそれらの積層膜等の反射性の優れた材料を用いることが望ましい。

【0131】以上の様にして、nチャネル型TFT501とpチャネル型TFT502からなるCMOS回路、及びnチャネル型TFT503を有する駆動回路506と、画素TFT504、保持容量505とを有する画素部507を同一基板上に形成することができる。こうして、アクティブマトリクス基板が完成する。

【0132】駆動回路506のnチャネル型TFT501はチャネル形成領域171、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層144と重なる低濃度不純物領域13

4b（GOLD領域）、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域134a（LDD領域）とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域139を有している。このnチャネル型TFT501と電極166で接続してCMOS回路を形成するpチャネル型TFT502にはチャネル形成領域172、ゲート電極と重なる不純物領域157、ゲート電極の外側に形成される不純物領域156、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域155を有している。また、nチャネル型TFT503にはチャネル形成領域173、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層146と重なる低濃度不純物領域136b（GOLD領域）、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域137a（LDD領域）とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域141を有している。

【0133】画素部の画素TFT504にはチャネル形成領域174、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層147と重なる低濃度不純物領域137b（GOLD領域）、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域137a（LDD領域）とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域142を有している。また、保持容量505の一方の電極として機能する半導体層158〜160には、それぞれp型を付与する不純物元素が添加されている。保持容量505は、絶縁膜151を誘電体として、電極（148と132bの積層）と、半導体層158〜160とで形成している。

【0134】また、本実施例の画素構造は、ブラックマトリクスを用いることなく、画素電極間の隙間が遮光されるように、画素電極の端部をソース配線と重なるように配置形成する。

【0135】本実施例で作製するアクティブマトリクス基板の画素部の上面図を図14に示す。なお、図11〜図13に対応する部分には同じ符号を用いている。図13中の線A-A'は図14中の線A-A'で切断した断面図に対応している。また、図13中の線B-B'は図14中の線B-B'で切断した断面図に対応している。

【0136】また、本実施例で示す工程に従えば、アクティブマトリクス基板の作製に必要なフォトリソグラフィの工程を5枚とすることができる。その結果、工程を短縮し、製造コストの低減及び歩留まりの向上に寄与することができる。

【0137】【実施例4】本実施例では、実施例3で作製したアクティブマトリクス基板から、反射型液晶表示装置を作製する工程を以下に説明する。説明には図15を用いる。

【0138】まず、実施例3に従い、図13（c）の状態のアクティブマトリクス基板を得た後、図13（c）のアクティブマトリクス基板上、少なくとも画素電極1

70上に配向膜470を形成しラビング処理を行なう。
なお、本実施例では配向膜470を形成する前に、アク
リル樹脂層等の有機樹脂層をパターンニングすることによ
って基板間隔を保持するための柱状のスペーサ（図示し
ない）を所望の位置に形成した。また、柱状のスペーサ
に代えて、球状のスペーサを基板全面に散布してもよ
い。

【0139】次いで、対向基板471を用意する。次い
で、対向基板471上に着色層472、473、平坦化
膜474を形成する。赤色の着色層472と青色の着色
層473とを重ねて、透光部を形成する。また、赤色の
着色層と青色の着色層とを一部重ねて、透光部を形成し
てもよい。

【0140】本実施例では、実施例3に示す基板を用い
ている。従って、実施例3の図素部の上面図を示す図1
4では、少なくともゲート配線169と画素電極170
の間隙と、ゲート配線169と接続電極168の間隙
と、接続電極168と画素電極170の間隙を透光する
必要がある。本実施例では、それらの透光すべき位置に
着色層の積層からなる透光部を重なるように各着色層を
配置して、対向基板を貼り合わせた。

【0141】このように、ブラックマスク等の透光層を
形成することなく、各図素間の隙間を着色層の積層から
なる透光部で透光することによって工程数の低減を可能
とした。

【0142】次いで、平坦化膜474上に透明導電膜か
らなる対向電極475を少なくとも図素部に形成し、対
向基板の全面に配向膜476を形成し、ラビング処理を
施した。

【0143】そして、図素部と駆動回路が形成されたア
クティブマトリクス基板と対向基板とをシール材477
で貼り合わせる。シール材477にはフィラーが混入さ
れていて、このフィラーと柱状スペーサによって均一な
間隔を持って2枚の基板が貼り合わせられる。その後、
両基板の間に液晶材料478を注入し、封止剤（図示せ
ず）によって完全に封止する。液晶材料478には公知
の液晶材料を用いればよい。このようにして図15に示
す反射型液晶表示装置が完成する。そして、必要があれ
ば、アクティブマトリクス基板または対向基板を所望の
形状に分断する。さらに、対向基板のみに偏光板（図示
しない）を貼りつけた。そして、公知の技術を用いてF
PCを貼りつけた。

【0144】以上のようにして作製される液晶表示パ
ネルは各種電子機器の表示部として用いることができる。

【0145】【実施例5】本発明を実施して形成された
CMOS回路や図素部は様々な電気光学装置（アクティ
ブマトリクス型液晶ディスプレイ、アクティブマトリク
ス型ECディスプレイ、アクティブマトリクス型ELデ
ィスプレイ）に用いることができる。即ち、それら電気
光学装置を表示部に組み込んだ電子機器全てに本発明を

実施出来る。

【0146】その様な電子機器としては、ビデオカメ
ラ、デジタルカメラ、プロジェクター（リア型またはフ
ロント型）、ヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル型
ディスプレイ）、カーナビゲーション、カーステレオ、
パーソナルコンピュータ、携帯情報端末（モバイルコン
ピュータ、携帯電話または電子書籍等）などが挙げられ
る。それらの一例を図16、図17及び図18に示す。

【0147】図16（A）はパーソナルコンピュータで
あり、本体3001、画像入力部3002、表示部30
03、キーボード3004等を含む。本発明を画像入力
部3002、表示部3003やその他の信号制御回路に
適用することが出来る。

【0148】図16（B）はビデオカメラであり、本体
3101、表示部3102、音声入力部3103、操作
スイッチ3104、バッテリー3105、受像部310
6等を含む。本発明を表示部3102やその他の信号制
御回路に適用することが出来る。

【0149】図16（C）はモバイルコンピュータ（モ
ービルコンピュータ）であり、本体3201、カメラ部
3202、受像部3203、操作スイッチ3204、表
示部3205等を含む。本発明は表示部3205やその
他の信号制御回路に適用出来る。

【0150】図16（D）はゴーグル型ディスプレイで
あり、本体3301、表示部3302、アーム部330
3等を含む。本発明は表示部3302やその他の信号制
御回路に適用することが出来る。

【0151】図16（E）はプログラムを記録した記録
媒体（以下、記録媒体と呼ぶ）を用いるプレーヤーであ
り、本体3401、表示部3402、スピーカ部340
3、記録媒体3404、操作スイッチ3405等を含
む。なお、このプレーヤーは記録媒体としてDVD（D
igital Versatile Disc）、CD
等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネッ
トを行なうことが出来る。本発明は表示部3402やそ
の他の信号制御回路に適用することが出来る。

【0152】図16（F）はデジタルカメラであり、本
体3501、表示部3502、接眼部3503、操作ス
イッチ3504、受像部（図示しない）等を含む。本発
明を表示部3502やその他の信号制御回路に適用す
ることが出来る。

【0153】図17（A）はフロント型プロジェクター
であり、投射装置3601、スクリーン3602等を含
む。本発明は投射装置3601の一部を構成する液晶表
示装置3608やその他の信号制御回路に適用すること
が出来る。

【0154】図17（B）はリア型プロジェクターであ
り、本体3701、投射装置3702、ミラー370
3、スクリーン3704等を含む。本発明は投射装置3
702の一部を構成する液晶表示装置3608やその他の

(18)

特開2002-33330

33

の信号制御回路に適用することが出来る。

【0155】なお、図17(C)は、図17(A)及び図17(B)中における投射装置3601、3702の構造の一例を示した図である。投射装置3601、3702は、光源光学系3801、ミラー3802、3804～3806、ダイクロイックミラー3803、プリズム3807、液晶表示装置3808、位相差板3809、投射光学系3810で構成される。投射光学系3810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図17(C)中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0156】また、図17(D)は、図17(C)中における光源光学系3801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系3801は、リフレクター3811、光源3812、レンズアレイ3813、3814、偏光変換素子3815、集光レンズ3816で構成される。なお、図17(D)に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0157】ただし、図17に示したプロジェクターにおいては、透過型の電気光学装置を用いた場合を示しており、反射型の電気光学装置での適用例は図示していない。

【0158】図18(A)は携帯電話であり、本体3901、音声出力部3902、音声入力部3903、表示部3904、操作スイッチ3905、アンテナ3906等を含む。本発明を音声出力部3902、音声入力部3903、表示部3904やその他の信号制御回路に適用することが出来る。

【0159】図18(B)は携帯音源(電子音源)であり、本体4001、表示部4002、4003、記憶媒体4004、操作スイッチ4005、アンテナ4006等を含む。本発明は表示部4002、4003やその他の信号回路に適用することが出来る。

【0160】図18(C)はディスプレイであり、本体4101、支持台4102、表示部4103等を含む。本発明は表示部4103に適用することが出来る。本発明のディスプレイは特に大画面化した場合において有利であり、対角10インチ以上(特に30インチ以上)のディスプレイには有利である。

【0161】以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例1～4のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することが出来る

34

【0162】

【発明の効果】本発明の構成を採用することにより、以下に示すような基本的有意性を得ることが出来る。

(a)従来のTFTの作製プロセスに完全に適合した、簡単な構造である。

(b)下地絶縁膜の膜厚と屈折率は、簡単に、かつ精密に制御することが可能である。そのため、レーザービームの強度分布も、精密に位置制御しやすい。

(c)スリットなどの位置決めのために、レーザー照射装置に特別なマイクロオーダーでの精密な位置決め技術は不要であり、通常のレーザー照射装置をそのまま利用できる。

(d)以上の利点を満たした上で、位置制御した大粒径の結晶粒を作製できる方法である。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)本発明者らが特願平11-351060号で開示した発明の一例を示す図。

(B)(A)の基点における温度履歴を示す図。

【図2】(a)窒化珪素膜の膜厚を固定し窒化酸化珪素膜(A-type)の膜厚を変化させて、第2のサンプルに対し、基板の裏面側から波長308nmのレーザービームを照射したときの非晶質珪素膜に対する反射率と吸収率を示す図。

(b)窒化酸化珪素膜(A-type)の膜厚を固定し窒化珪素膜の膜厚を変化させて、第2のサンプルに対し、基板の裏面側から波長308nmのレーザービームを照射したときの非晶質珪素膜に対する反射率と吸収率を示す図。

【図3】(a)窒化珪素膜の膜厚を固定し窒化酸化珪素膜(A-type)の膜厚を変化させて、第2のサンプルに対し、基板の裏面側から波長532nmのレーザービームを照射したときの非晶質珪素膜に対する反射率と吸収率を示す図。

(b)窒化酸化珪素膜(A-type)の膜厚を固定し窒化珪素膜の膜厚を変化させて、第2のサンプルに対し、基板の裏面側から波長532nmのレーザービームを照射したときの非晶質珪素膜に対する反射率と吸収率を示す図。

【図4】本発明が開示する下地膜形成とレーザービームの照射の例を示す図。

【図5】本発明が開示する下地膜形成とレーザービームの照射の例を示す図。

【図6】本発明が開示する下地膜形成とレーザービームの照射の例を示す図。

【図7】本発明が開示する下地膜形成とレーザービームの照射の例を示す図。

【図8】本発明が開示する構成と特願平11-351060号で開示した発明の一例における固相結晶化開始時間の比較を示す図。

【図9】本発明が開示する下地膜形成とレーザービーム

(19)

特開2002-33330

35

36

の照射の例を示す図。

【図10】(a) 下層窒化酸化珪素膜の屈折率を変化させ、第3のサンプルに対し、基板の裏面側から波長308nmのレーザビームを照射したときの非晶質珪素膜に対する反射率と吸収率を示す図。

(b) 下層窒化酸化珪素膜の屈折率を変化させ、第3のサンプルに対し、基板の裏面側から波長532nmのレーザビームを照射したときの非晶質珪素膜に対する反射率と吸収率を示す図。

【図11】 画素TFT、駆動回路のTFTの作製工程を示す断面図。

* 【図12】 画素TFT、駆動回路のTFTの作製工程を示す断面図。

【図13】 画素TFT、駆動回路のTFTの作製工程を示す断面図。

【図14】 画素部の画素を示す上面図。

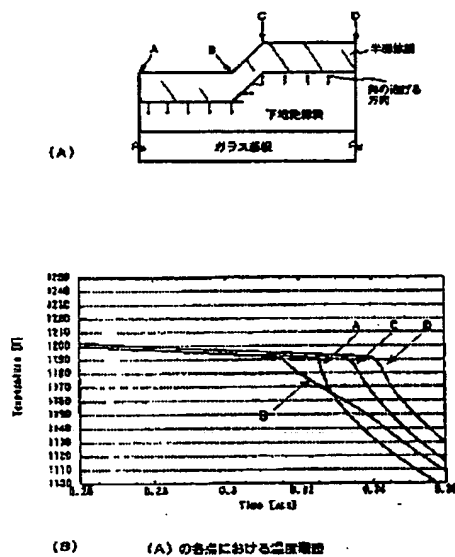
【図15】 アグティブマトリクス型液晶表示装置の作製工程を示す断面図。

【図16】 半導体装置の例を示す図。

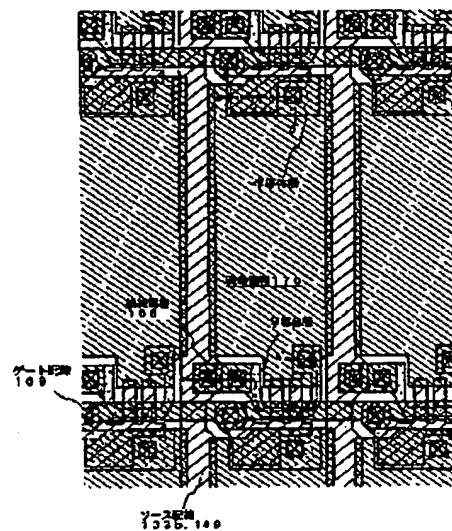
【図17】 半導体装置の例を示す図。

【図18】 半導体装置の例を示す図。

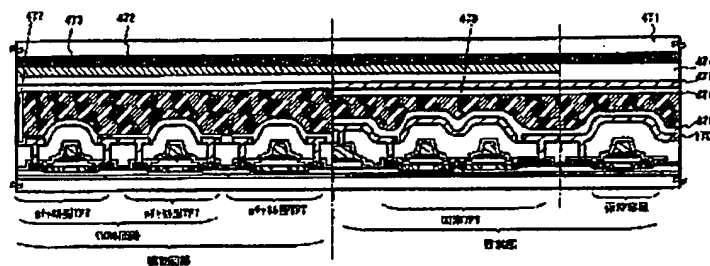
【図1】



【図14】



【図15】

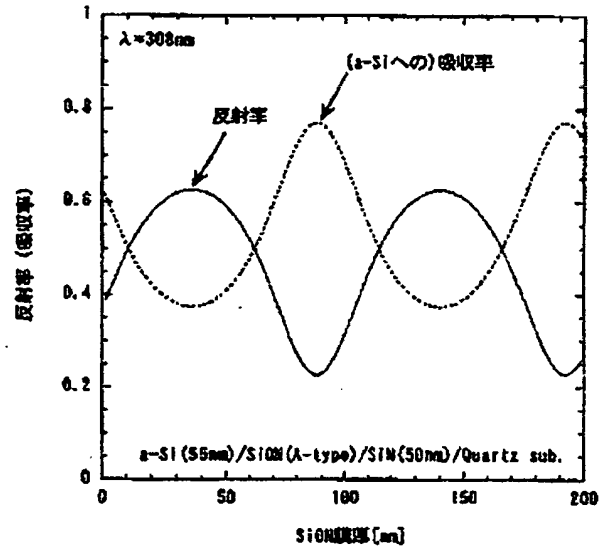


(20)

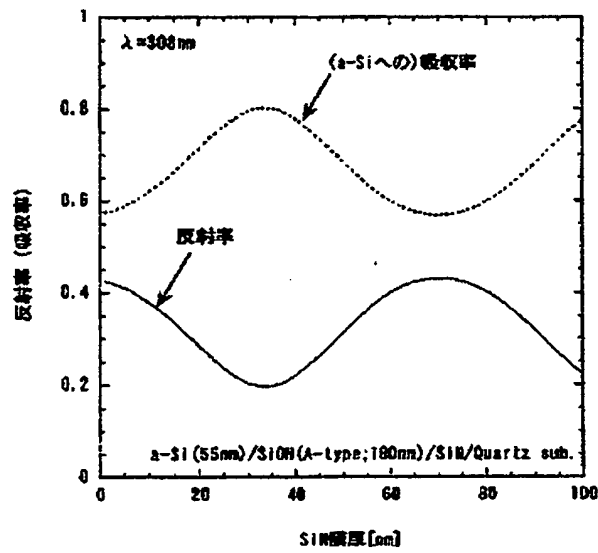
特開2002-33330

【図2】

(a)



(b)

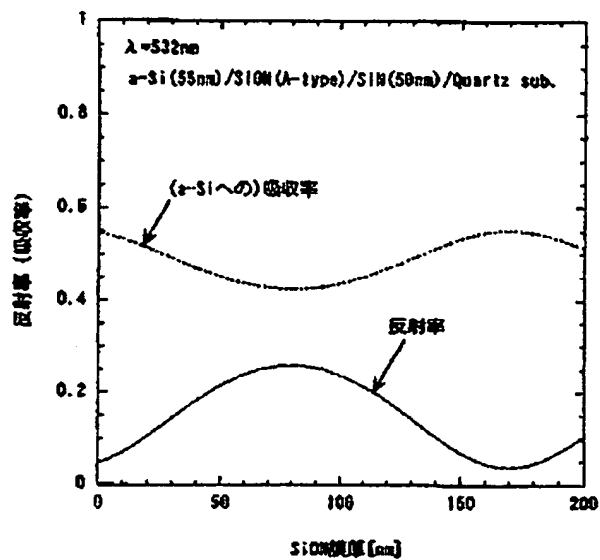


(21)

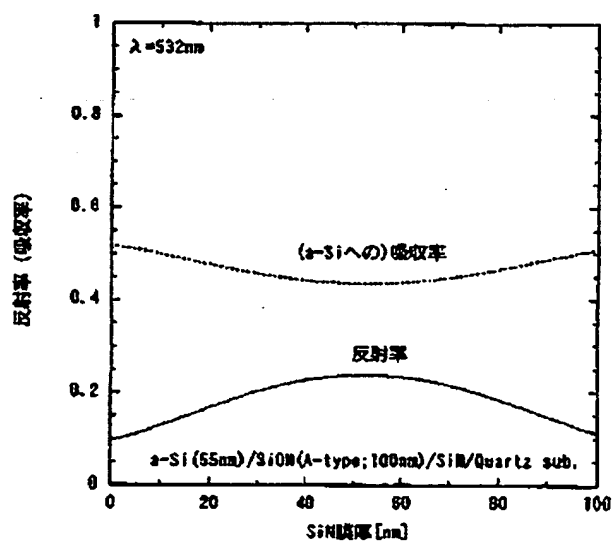
特開2002-33330

【図3】

(a)



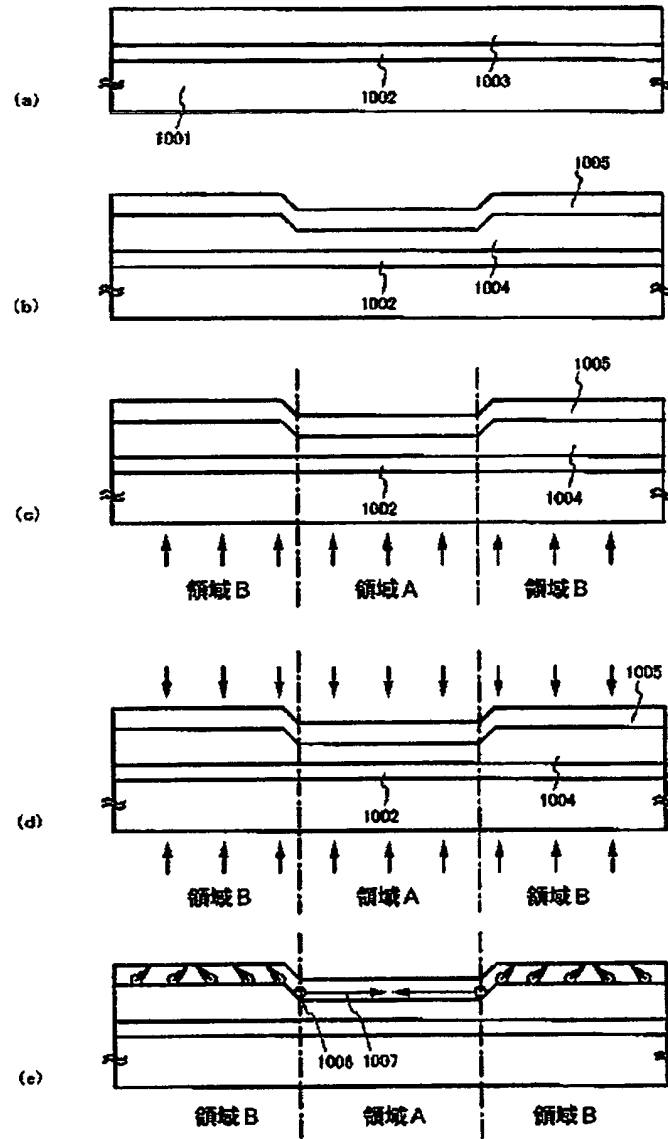
(b)



(22)

特開2002-33330

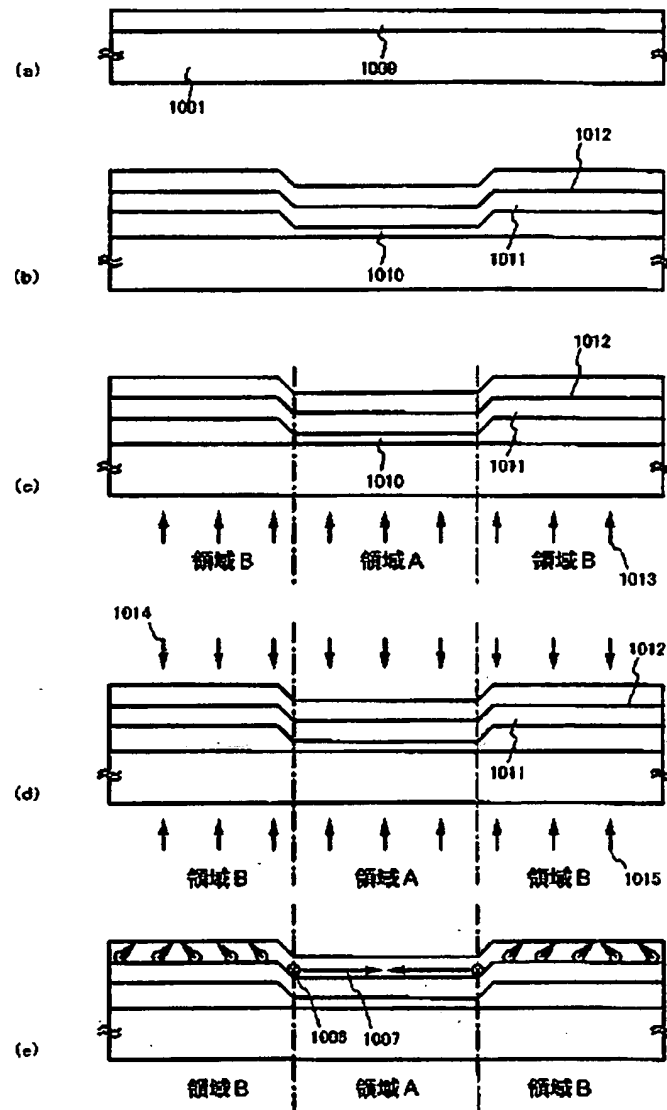
【図4】



(23)

特許2002-33330

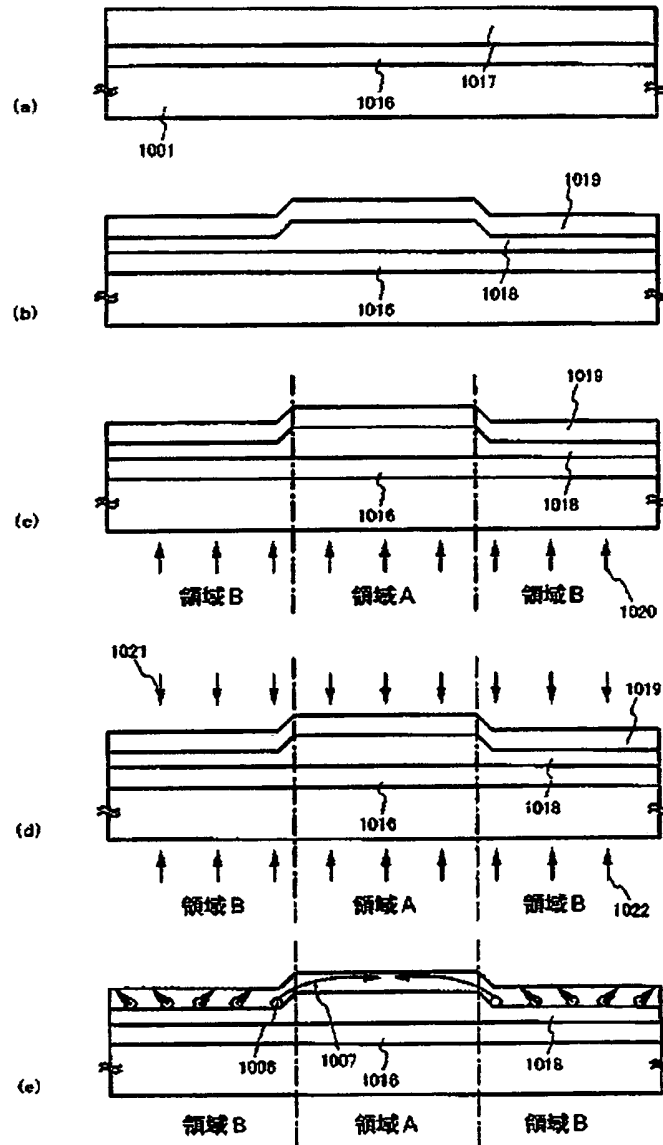
【図5】



(24)

特開2002-33330

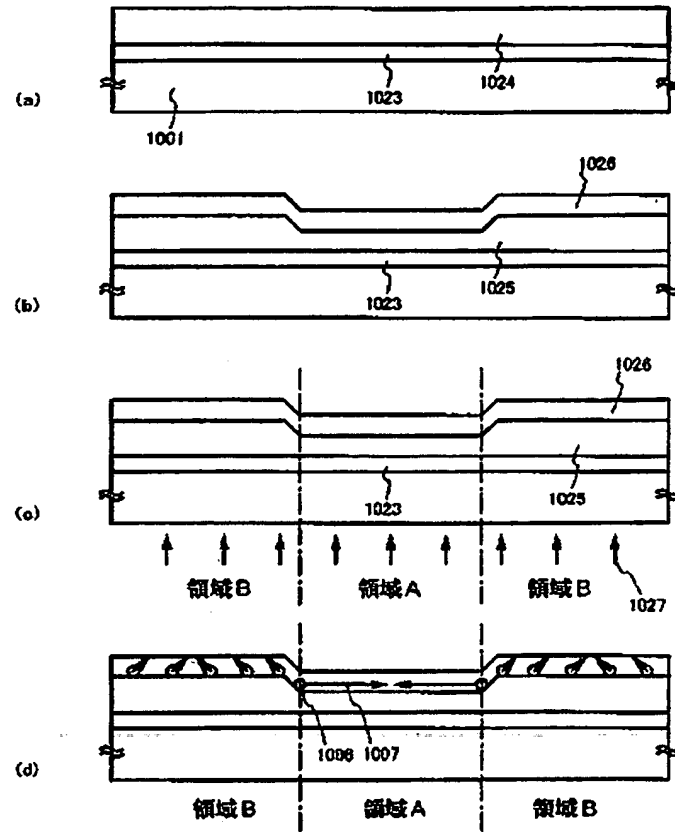
【図6】



(25)

特許2002-33330

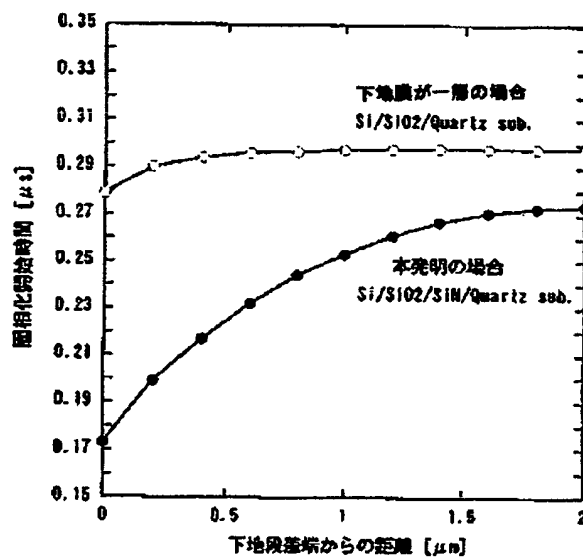
【図7】



(26)

特開2002-33330

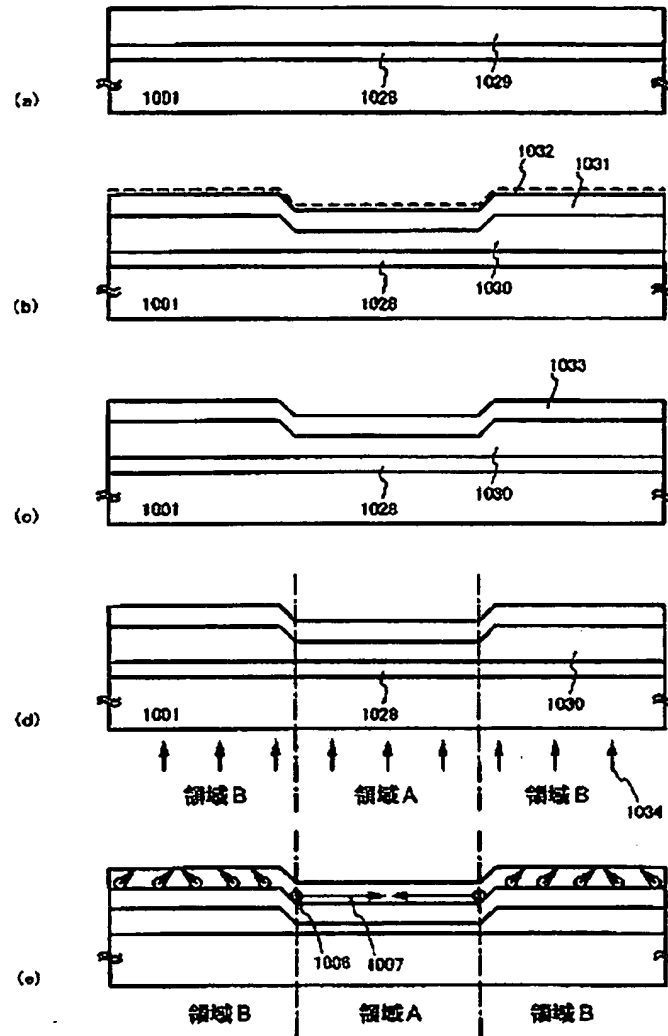
【図8】



(27)

特許2002-33330

【図9】

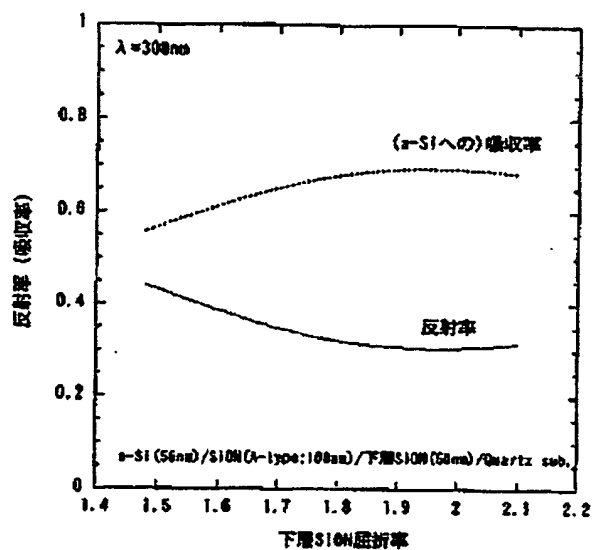


(28)

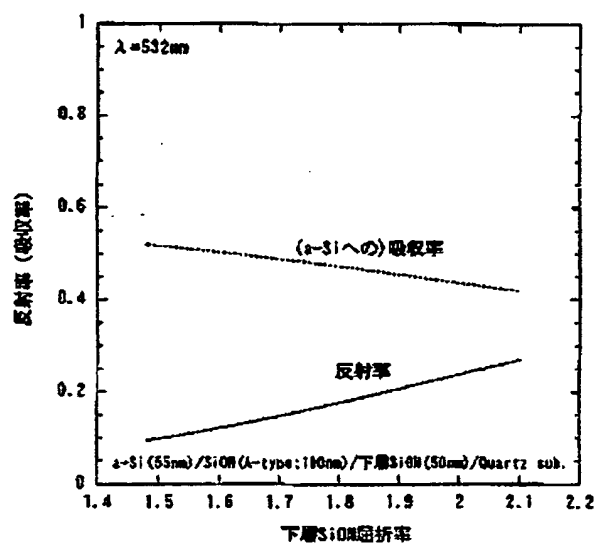
特開2002-33330

【図10】

(a)



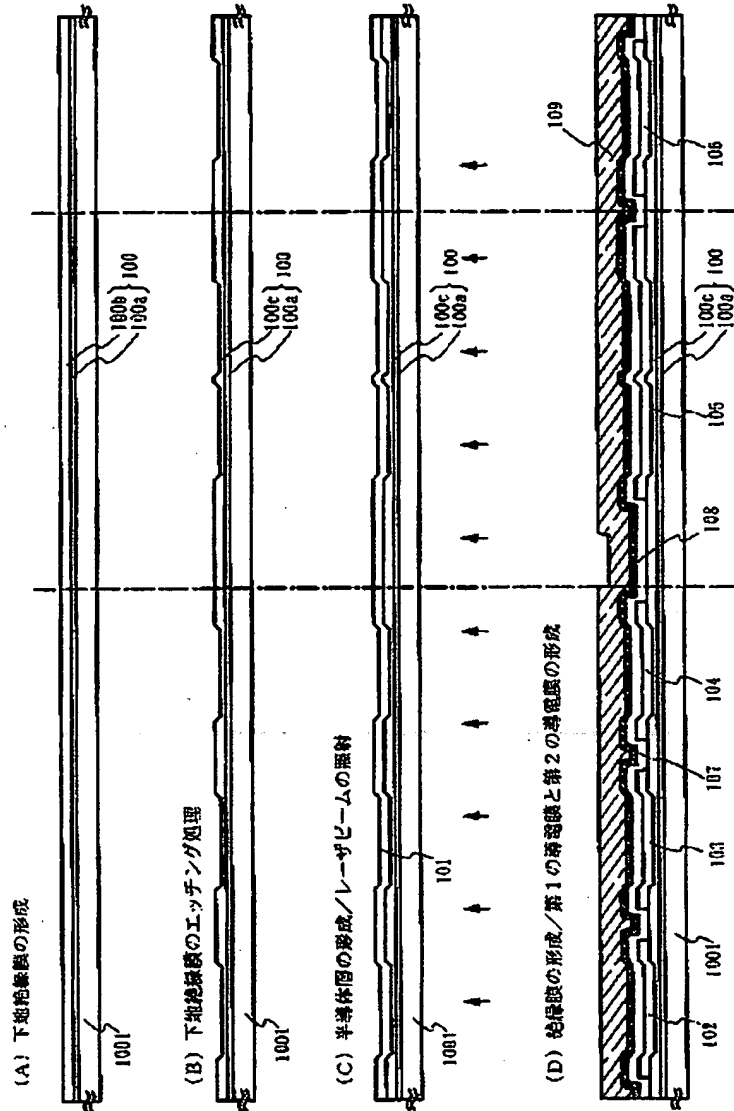
(b)



(29)

特開2002-33330

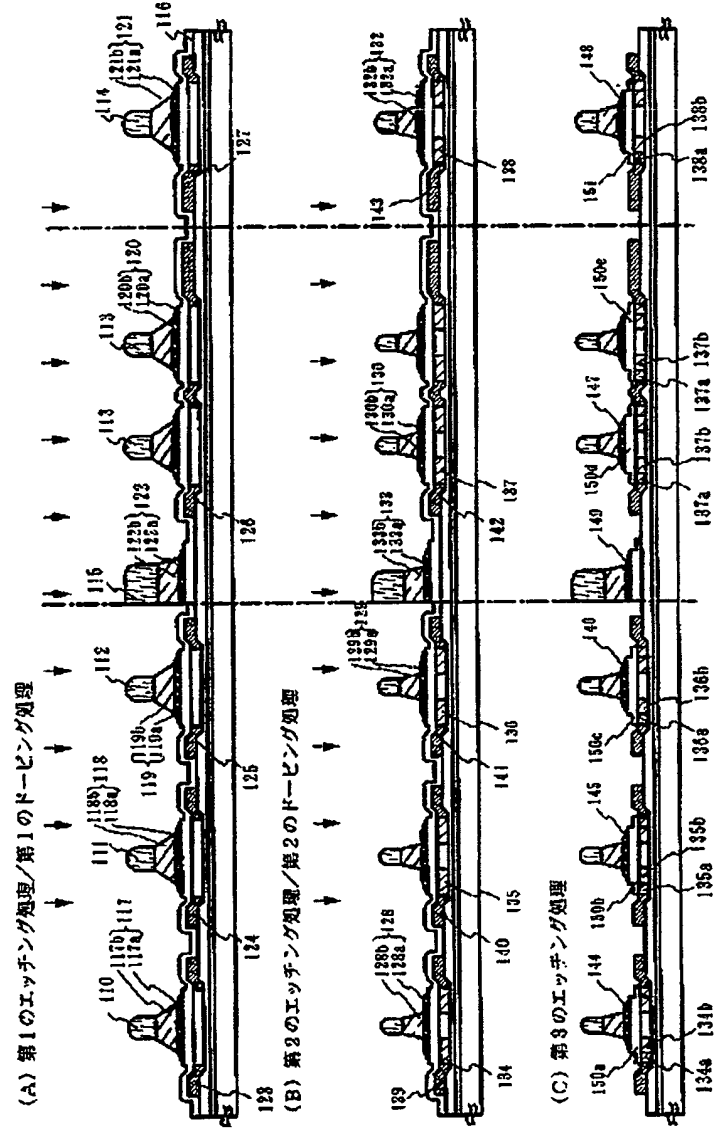
【図1】



(30)

特開2002-33330

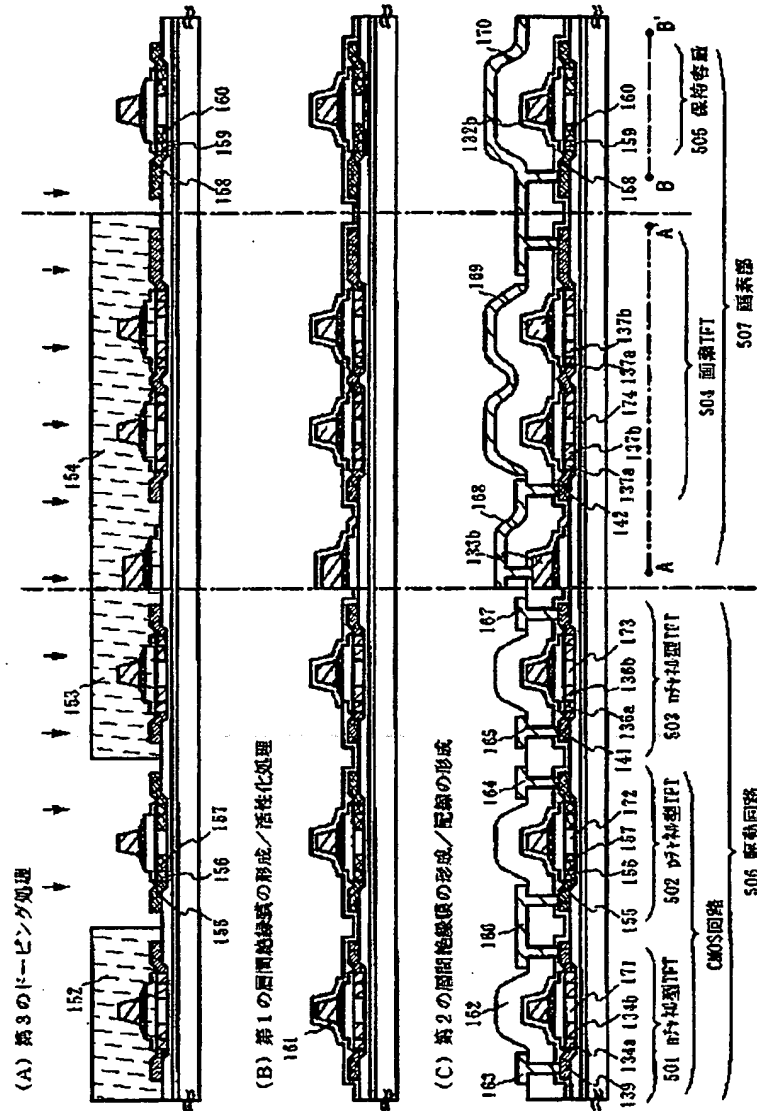
【図12】



(31)

特開2002-33330

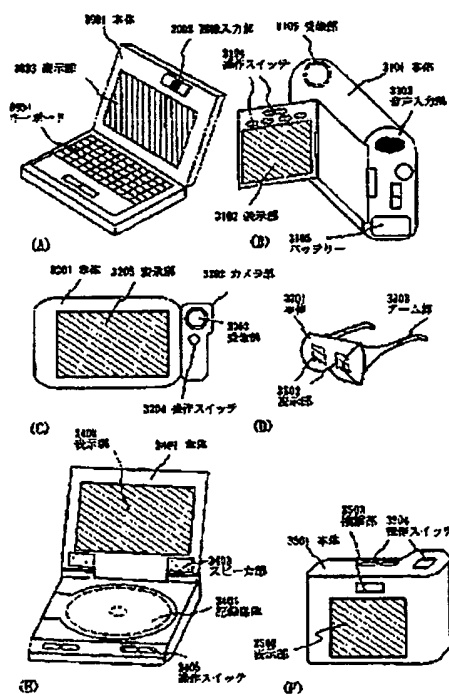
【図13】



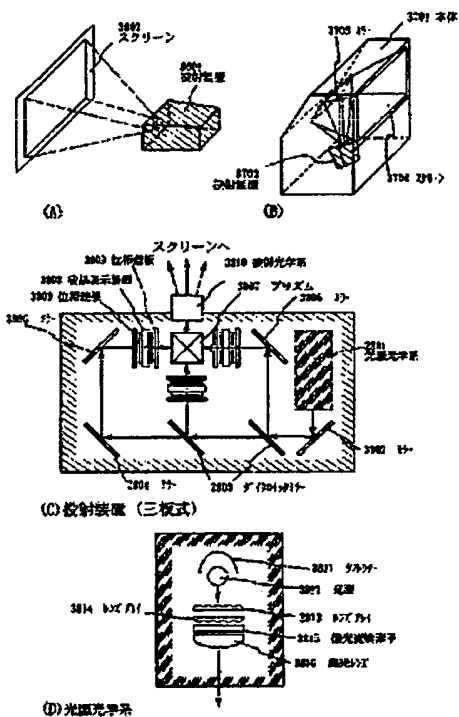
(32)

特開2002-33330

【圖 16】



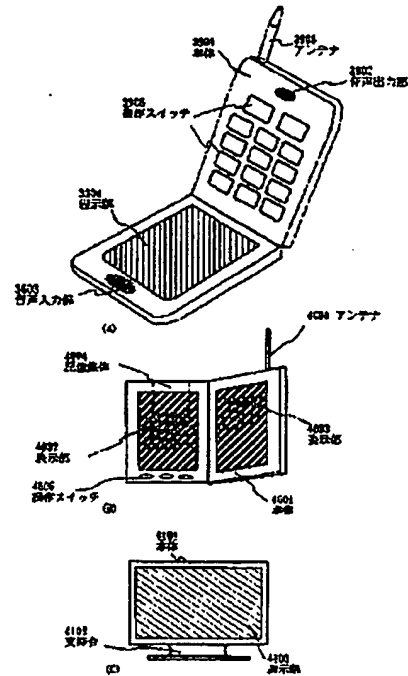
【图 17】



(33)

特開2002-33330

【図18】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F052 AA02 BA15 BB01 BB02 BB07
 DA02 DA03 DB03 DB07 JA01
 5F110 AA01 AA25 BB02 BB04 CC02
 DD02 DD03 DD13 DD14 DD15
 DD17 DD21 EE01 EE02 EE03
 EE04 EE06 EE09 EE14 EE23
 EE44 EE45 FF02 FF03 FF04
 FF09 FF28 FF30 FF36 GG01
 GG02 GG13 GG25 GG32 GG43
 GG45 HJ01 HJ04 HJ12 HJ13
 HJ23 HL02 HL03 HL06 HL11
 HM07 HM15 NN03 NN04 NN22
 NN23 NN24 NN27 NN34 NN35
 NN44 NN73 NN78 PP01 PP03
 PP04 PP07 PP10 PP13 PP23
 PP29 PP31 PP34 PP35 PP40
 QQ11 QQ24 QQ25 QQ28

THIS PAGE BLANK (USPTO)